Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva IV

Dante Salatino
Guillermo Cuadrado &
Luis Gómez
EDITORES

CREATIVIDAD
INVESTIGACIÓN Y
LÓGICA TRANSCURSIVA IV

Organizó

Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional

Secretaría de Extensión Universitaria

Departamento de Materias Básicas

Grupo de Investigación en Matemática Aplicada a la Ingeniería y Gestión (IEMI)

Departamento de Ingeniería en Sistemas de Información

Universidad Tecnológica Nacional

Rector: Ing. Héctor Aiassa
Vicerrector: Ing. Haroldo Avetta

Facultad Regional Mendoza

Decano: Esp. Ing. José Balacco
Vicedecano: Ing. Ricardo Antonio Fuentes
Secretaria Académica: Prof. Liliana Ruth Repetto
Subsecretaria Académica: Lic. Norma Sirmovitsch
Secretario Administrativo: Ing. Ángel Oscar Pitton
Secretario de Extensión Universitaria: Ing. Carlos O. Mallea
Secretario de Ciencia Tecnología y Posgrado: Ing. Antonio Álvarez Abril
Secretario de Asuntos Estudiantiles: Ing. Luis Ellena
Secretario de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones: Ing. Jorge Abraham

Comisión académica evaluadora de los trabajos

Dr. Dante Roberto Salatino (UNCuyo)
Dr. Ing. Guillermo Alberto Cuadrado (FRM-UTN, UNCuyo)
Lic. Luis Gómez (FRM-UTN, UNCuyo)

Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Mendoza

CREATIVIDAD

INVESTIGACIÓN Y LÓGICA TRANSCURSIVA IV

Dante Salatino, Guillermo Cuadrado & Luis Gómez
(Editores)

Facultad Regional Mendoza
Universidad Tecnológica Nacional

2021

CREATIVIDAD, INVESTIGACIÓN Y LÓGICA TRANSCURSIVA IV

Editores:
Dante Roberto Salatino
Guillermo Alberto Cuadrado
Luis Eduardo Gómez

Diseño de cubierta
Diego Andrés Salatino

Primera edición. Mendoza, 2021.

Salatino, Dante Roberto
Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva IV / Dante Roberto Salatino ; Guillermo Alberto Cuadrado ; Luis Eduardo Gómez. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Universidad Tecnológica Nacional, 2021.
308 p. ; 22 x 15 cm.

ISBN 978-950-42-0205-9

1. Lógica Aplicada. 2. Ciencias Naturales. 3. Ciencias Sociales. I. Cuadrado, Guillermo Alberto. II. Gómez, Luis Eduardo. III. Título.
CDD 507.2

ISBN 978-950-42-0205-9
Impreso en Argentina – Printed in Argentina
Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723
Grupo de Investigación en Matemática Aplicada
a la Ingeniería y Gestión (IEMI)
Facultad Regional Mendoza,
Universidad Tecnológica Nacional
Rodríguez 273, Ciudad
M5502JMA Mendoza, República Argentina

“A orillas del Rin, un hermoso castillo había estado en pie durante siglos. En el sótano del castillo, las laboriosas arañas que lo habitaban, habían construido una intrincada red de telarañas. Un día, un fuerte viento destruyó la red. Las arañas trabajaron frenéticamente para reparar el daño. Pensaron que eran sus telarañas las que sostenían el castillo en pie.”

Morris Kline, 1980, p. 277.

Índice

Prologo

Guillermo A. Cuadrado

Al finalizar 2019, cuando el Grupo IEMI organizaba el VI Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería ECEFI 2020 y el IV Foro sobre Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva no había nada que indicara que en 2020 se desataría la pandemia de Covid 19. Este hecho, reafirmó que el futuro no siempre es previsible, que todos los hombres son iguales ante la naturaleza, ya que el virus no discrimina, nos trata por igual y, que existen circunstancias donde la soledad y el aislamiento no se eligen, se imponen.

Sin embargo, parte de la naturaleza humana es enfrentar la adversidad. En ese sentido, gracias a la tecnología, la disposición de las autoridades de la Facultad Regional Mendoza, UTN y el tesón de los autores, la reunión científica programada el año anterior se pudo realizar por videoconferencia (Zoom). Por cierto, el gusto de estar juntos para fortalecer los lazos interpersonales que potencian a toda comunidad académico-científica estuvieron ausentes. Ahora, en esta publicación esos autores ausentes, se hacen presentes con sus conocimientos y reflexiones que integran este texto.

A propósito de Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva en este tiempo de desconcierto, vale la pena reseñar brevemente la importancia que tiene la Ciencia en nuestro proceso de adaptación al medio circundante. Cuando casi no había información del Covid 19 la pandemia fue enfrentada con la cuarentena, método de aislamiento sanitario ideado por la creatividad

del médico Avicena (980-1037d.C.). Además, gracias a la Investigación y a la inversión económica en ella, las vacunas para enfrentar el Covid 19 se desarrollaron en un tiempo antes impensado. Mientras que la Lógica Transcursiva permite indagar conjuntamente la realidad considerando sus manifestaciones evidentes y la perspectiva del observador, pero por lo precipitado de la pandemia los trabajos sobre ella con esta lógica todavía se están elaborando.

Las colaboraciones que esta obra reúne son de académicos de la Universidad Nacional de Cuyo y de la Facultad Regional Mendoza, UTN, varios de ellos del Grupo de Investigación en Matemática Aplicada a la Ingeniería y Gestión (IEMI), que gestionó los fondos para su publicación. Este libro está organizado en tres secciones de aplicaciones de la Lógica Transcursiva: I. Académicas, II. Científicas, y III. Tecnológicas. Los capítulos que componen las secciones son variados y presentan temas con enfoques innovativos.

La Sección I de Aplicaciones Académicas de la Lógica Transcursiva tiene dos capítulos, el primero es “El electrocardiograma como modelo didáctico” cuyo propósito es aportar elementos útiles a la hora de transmitir conocimientos específicos y fundamentales a los médicos que deciden especializarse en Cardiología. Con los principios básicos de la Lógica Transcursiva (LT) se elaboraron “patrones universales” que describen y explican los fenómenos bioeléctricos del funcionamiento cardíaco. Una forma sencilla de explorar este funcionamiento, con el objetivo de determinar si es el adecuado, o presenta alguna alteración que justifique la presencia de una enfermedad, es mediante el análisis del electrocardiograma (ECG) de superficie. El trabajo llega al resultado de que un trazado electrocardiográfico

convencional es también un modelo didáctico que permite adiestrarse en el reconocimiento de sus patrones, cuando se conocen sus determinantes.

En el segundo capítulo, “Investigadores y creación de conocimiento” considera que las empresas de la economía del conocimiento y las universidades públicas y privadas requieren de conocimientos científicos y tecnológicos. Para estas instituciones, el sujeto que investiga es muy relevante, por ese motivo se presentan en forma sintética ciertas teorías que consideran al sujeto decisivo para producir conocimiento y consolidarlo: la de los ‘tres mundos’ de Popper, la de los conocimientos tácito y explícito de Polanyi, la Lógica Transcursiva de Salatino y la de la creación de conocimiento de Nonaka y Takeuchi. Las teorías señaladas proporcionan elementos para organizar planes institucionales que desarrollen o fortalezcan la investigación, además dan las pautas a tener en cuenta para el desarrollo individual, grupal y organizacional y además, generar una tradición que se iría consolidando con el tiempo.

La Sección II de Aplicaciones Científicas de la Lógica Transcursiva tiene tres capítulos. El tercero es “Programa Psiquis - Proyecto II: Neurona (Primera parte)” que presenta las bases teóricas del funcionamiento de una neurona artificial única y, en una segunda parte, proceder a ensamblarla con otras con las mismas características para generar un Psicocito (o célula psíquica), que es la unidad funcional y operativa del aparato psíquico propuesta por la Lógica Transcursiva. Esta neurona artificial es un sistema con memoria y, la facultad de poder “retener” una historia, la ejerce sin consumir energía, lo cual aproxima aún más este desarrollo a la eficiencia que muestra el cerebro

humano. De ese modo, esta investigación se orienta hacia un posible cambio del paradigma actual de las neurociencias.

El cuarto capítulo, “Simetría y genidentidad de las teorías científicas: un enfoque transcursivo para teselar la imagen de la ciencia” trata dos aspectos esenciales de la simetría. El primero es la transformación o posibilidad de un cambio en ciencia al interior de una misma teoría, manteniendo la identidad (genidentidad) de la misma. El segundo es la inmutabilidad frente el cambio de algún aspecto de la situación considerada. En el caso tratado, la ley fundamental de una teoría le confiere a la teoría la característica de poseer una identidad o de ser genidéntica y, de poseer una codificación que la separa del resto de las teorías científicas, incluso de aquellas que compiten con ella en un episodio de revolución científica. El trabajo se enfoca en la transcursividad que existe dentro de las teorías científicas, como polo objetivo que implica por su propio desarrollo y estructura siempre, aunque a veces de manera oculta o profunda, el polo subjetivo.

El quinto capítulo, “Desempeño socio comunicativo en niños con Trastornos del Espectro Autista. Un análisis desde la Lógica Transcursiva” revisa los fundamentos neurobiológicos y psíquicos de la Teoría de la Mente, cuyas supuestas fallas en su desarrollo pretenden explicar la aparición de los trastornos socio-comunicativos que presentan las personas con Trastorno del Espectro Autista. La pertinencia del enfoque que las Ciencias Cognitivas hacen del lenguaje natural se revisó con la ayuda metodológica de la Lógica Transcursiva y, luego se realiza una aproximación a los mecanismos que se ponen en juego a la hora de comprender el lenguaje. Se concluye que la ‘Teoría de la

Mente' es inadecuada para evaluar la comprensión del lenguaje, porque soslaya los aspectos subjetivos del mismo y, de esa forma no puede elaborar ninguna predicción sobre qué está hablando el otro. El cognitivismo saca sus conclusiones de un simple código convencional, mientras que la Lógica Transcursiva, aporta una interpretación del proceso comunicativo, demostrando así la inadecuación de la 'Teoría de la Mente'.

La Sección III de Aplicaciones Tecnológicas de la Lógica Transcursiva también tiene tres capítulos. El sexto capítulo, "Control de un Sistema Motor-Generador. Un enfoque desde la Lógica Transcursiva" presenta los resultados del desarrollo de un equipo motor - generador que integra el concepto mecatrónico (mecánica, electrónica, control e informática) desarrollado por alumnos y profesores en el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería, UNCuyo con fines didácticos. El diseño electromecánico, posterior mecanizado, implementación de la electrónica de potencia y su control con se realizó con el programa Matlab-Simulink corriendo en tiempo real. Para finalizar se hizo un análisis sobre la implementación del Control Transcursivo (CT) sobre el dispositivo.

En el capítulo séptimo, la contribución "Análisis transcursivo de los Sistemas Operativos. El concepto de 'semáforo'" propone la elaboración de diagramas derivados de la Lógica Transcursiva como método de representación gráfica de la interacción entre procesos y semáforos de un sistema operativo, cuando los primeros se encuentran en situaciones de competencia o de colaboración. Para ello se analizaron cuando los procesos son concurrentes y deben compartir los recursos con otros procesos. Se encontró que el patrón

autónomo universal cíclico representa correctamente el flujo de ejecución de un proceso que transita regiones críticas y no críticas y los estados el mismo tiene asignado o no un recurso. Además, los patrones autónomos hemicíclicos, exógeno y endógeno, pueden representar las funciones wait() y signal() y sus relaciones, así como el paso al estado de bloqueado o de desbloqueado de un proceso. Además, ambos patrones autónomos se pueden conectar para modelar la interacción entre el proceso y el sistema operativo, cuando se solicita o se libera un recurso compartido.

Finalmente, el capítulo octavo "El Modelo de Tres Etapas de Kurt Lewin desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la implementación de procesos de mejora continua" analiza la implementación de la Gestión Total de la Calidad en las organizaciones desde la perspectiva del proceso de cambio organizacional, utilizando la filosofía de calidad de Joseph M. Juran. También se aplica el enfoque de la Lógica Transcursiva para analizar el proceso de institucionalización de la respuesta organizacional a procesos de mejora continua, a nivel de individuo, de equipo de trabajo y de la organización. Se encontró que LT permite que afloren los factores motivacionales necesarios para poner en práctica con éxito las secuencia de la Trilogía de Juran. Surgió como recomendación principal establecer acciones efectivas de realimentación de los puntos de aprendizaje, desde el nivel organizacional hacia el equipo de trabajo y el individuo y, desde el equipo de trabajo hacia el individuo para sostener el desarrollo de una cultura organizacional centrada en la calidad, para lograr la efectiva adopción de la calidad como ventaja competitiva.

Para concluir, hay que poner de relieve que IV Foro de Lógica Transcursiva pudo transformarse en la selección de trabajos que integra esta publicación, gracias al esfuerzo de los autores y al apoyo indeclinable de las autoridades de Facultad Regional Mendoza, UTN, que impulsaron la realización del IV Foro y esta publicación.

***

Autores y Filiación

Anzoise, Esteban; Universidad Tecnológica Nacional

Cuadrado, Guillermo A.; FRM - UTN - UNCuyo

Ortiz, Ìtalo A.; Universidad Tecnológica Nacional

Puglesi, Alfredo E.; Universidad Nacional de Cuyo

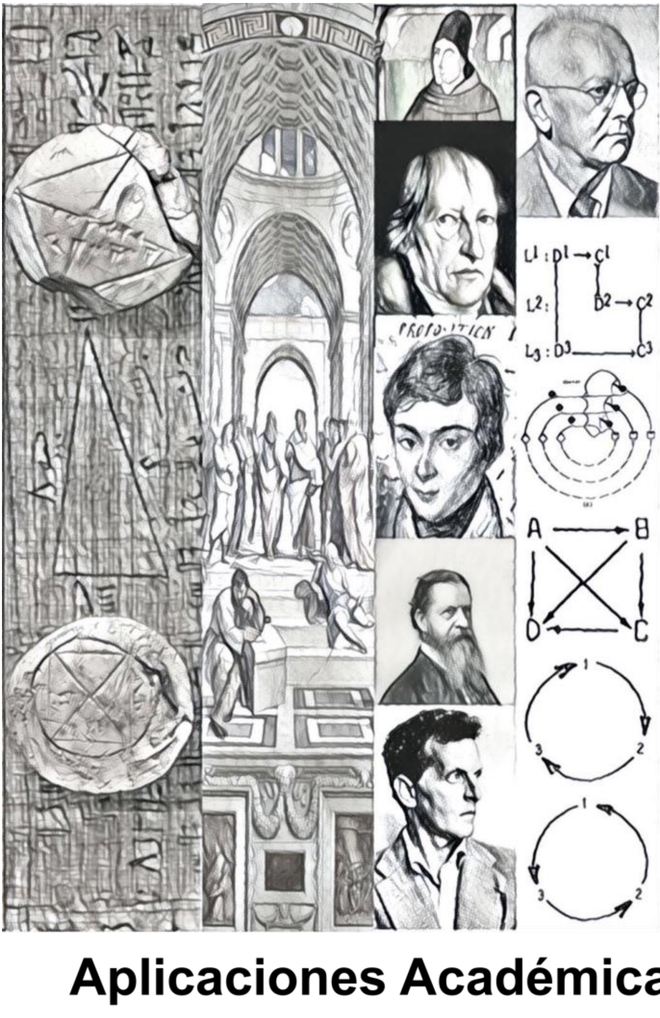
Russo, Paolo; Universidad Nacional de Cuyo

Salatino, Dante R.; Universidad Nacional de Cuyo

Scaraffia, Cristina; Universidad Tecnológica Nacional

* * *

SECCIÓN 1



Aplicaciones Académicas de la Lógica Transcursiva

1. EL ELECTROCARDIOGRAMA COMO MODELO DIDÁCTICO

Dante Roberto Salatino[1]

Resumen: El propósito de este trabajo es aportar una serie de elementos útiles a la hora de transmitir conocimientos específicos y fundamentales a los médicos que deciden especializarse en Cardiología. Mediante el uso de los principios básicos que derivan de la Lógica Transcursiva (LT), se elaboraron "patrones universales" que explican, y, no solo describen, los fenómenos bioeléctricos en los que se sustenta el funcionamiento cardíaco. Una forma sencilla de explorar este funcionamiento, con el objetivo de determinar si es el adecuado, o presenta alguna alteración que justifique la presencia de una enfermedad, es mediante el análisis del electrocardiograma (ECG) de superficie. En este trabajo solo se abordan los elementos de diagnóstico más básicos. Como método, además de la LT, se utilizó software especializado para emular la actividad eléctrica cardíaca, como por ejemplo, redes neuronales artificiales, programas, de producción propia, que permiten hacer algunas determinaciones, como también la generación de trazados experimentales. Así, se pudo analizar de una manera sencilla, los fenómenos bioeléctricos en los que se basa el ritmo cardíaco, la frecuencia con la que se da este fenómeno, determinación del "eje eléctrico instantáneo", indicador del despliegue vectorial en el campo eléctrico generado por el corazón, y, como agregado, lo que sucede cuando, dentro de ese campo eléctrico (y por ende magnético), se genera otro como producto de una gestación, analizando cómo se acoplan ambos y qué aporta esto al diagnóstico. En conclusión, se transforma un trazado electrocardiográfico convencional en un modelo didáctico que permite adiestrarse en el

[1]UNCuyo – DOI: 10.5281/zenodo.4816140

reconocimiento de sus patrones, pero conociendo al mismo tiempo, sus determinantes.

Palabras claves: modelos, electrofisiología cardíaca, electrocardiograma, electrocardiograma fetal, lógica transcursiva.

1.0. INTRODUCCIÓN

Interpretar un electrocardiograma (ECG) es el mayor desafío que enfrenta el médico que se dedica a la especialidad de cardiología. Sin exagerar, podríamos decir que este desafío es equivalente, en cálculo matemático, al de comprender el concepto de límite, que le da fundamento. Hay un sinnúmero de buenos libros de texto que enseñan electrocardiografía, sin embargo, quienes encaran la especialidad tropiezan, a veces, con un obstáculo insalvable, cual es la comprensión conceptual que se debe lograr para que cuando deban aplicarse esos conocimientos, se logre una adecuada eficiencia diagnóstica.

El andamiaje conceptual que se debe construir para lograr una cabal comprensión de los fenómenos electrofisiológicos cardíacos está plagado de dificultades derivadas de su creciente complejidad, a medida que se progresa en el conocimiento de los fenómenos bioeléctricos.

En este trabajo, apoyándonos en la Lógica Transcursiva, y mediante el análisis del registro de un ECG, desentrañaremos los fundamentos en los que se basan estos procesos, yendo desde sus principios iónicos hasta la generación de los vectores eléctricos que justifican el registro obtenido en un ECG. Completaremos el análisis, agregando una mayor dificultad, al considerar qué ocurre en una embarazada cuando el corazón del ser que está gestando comienza a

funcionar, produciendo un campo eléctrico y magnético dentro de otro. Avanzamos sobre alguna forma de análisis de estas manifestaciones, y evaluamos las ventajas que aporta dicho análisis, tanto desde el punto de vista del aprendizaje como del accionar médico.

2.0. EL FENÓMENO BIOELÉCTRICO

El fenómeno bioeléctrico es sinónimo de vida. Todas las células de los seres vivientes muestran una diferencia de potencial, no despreciable, entre su interior y el medio circundante.

Este potencial eléctrico es el responsable de mantener el desequilibrio estable entre el interior y el exterior, que posibilita la vida, y es regulado fundamentalmente por la diferencia de concentración del ion potasio (K^+) a ambos lados de la membrana celular. Pero, además, existen células especializadas o excitables, que generan potenciales eléctricos en forma autónoma. Entre ellas se encuentran las neuronas y las células cardíacas. Todo este mecanismo es posible gracias a la existencia, en la membrana celular, de canales (o compuertas) la mayoría de ellos operados por voltaje, que permiten el intercambio iónico entre el interior y el exterior (Figura 1).

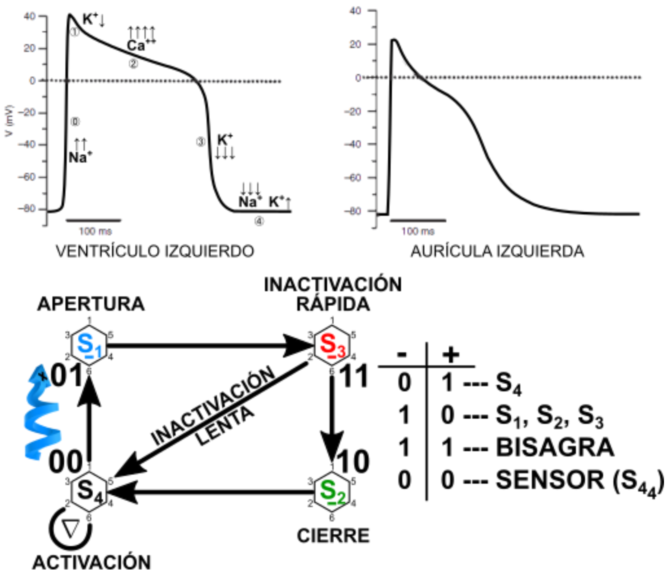


Figura 1 CANAL DE SODIO ACTIVADO POR VOLTAJE
Referencias: S_n: dominios - -/+: carga eléctrica - ∇: sensor de voltaje
⬡: segmentos helicoidales - ↿⇂: movimiento iónico
ⓝ fases: despolarización rápida, potencial inverso, plateau, repolarización, y potencial de reposo

Los canales de sodio activados por voltaje inician potenciales de acción en nervios y en los cardiomiocitos[2]. Ellos son los responsables de la propagación de los potenciales de acción a través de las aurículas, el sistema de conducción y los ventrículos del corazón (Zipes, Jalife, & Stevenson, 2018). En la parte superior de la Figura 1 podemos ver cómo el potencial de acción de las fibras musculares de los ventrículos y las aurículas crece, en menos de un milisegundo, de - 80 milivolts del potencial de reposo a su pico máximo, por

---

[2] Unidad contráctil del músculo cardíaco, capaz de contraerse de forma autónoma e individual.

eso se denominan potenciales de respuesta rápida (velocidad de crecimiento = 100 a 200 Volt/s – Carmeliet & Vereecke, 2002). Durante este pequeño intervalo de tiempo, los canales de sodio (Na^+), respondiendo al cambio que se produce en el marcapasos natural del corazón (nódulo sinusal – ver más adelante), se abren y permiten el rápido ingreso del ion Na+; canales que, ni bien se abren, comienzan a inactivarse, en un 99% en el término de pocos milisegundos. En la parte inferior de la misma figura, mediante un PAU hemicíclico exógeno (Salatino, 2019) hemos representado, tanto la estructura íntima del canal (cuatro dominios S_1-S_4, compuestos a su vez, por seis segmentos helicoidales (1-6), y alguna de las conexiones entre ellos, como la bisagra (unión de S_3 y S_4)), como también su funcionamiento, el cual se da en los siguientes términos:

El segmento 4 del dominio S_4 (S_{44}) sirve de sensor de voltaje, generando, cuando detecta el cambio, una espiral de cargas eléctricas (+) que activan el canal. S_4 es el único dominio (+) lo cual asegura su hidrofilia[3], o el fenómeno que permite la especificidad del canal para el Na^+. Los demás dominios son (-).

Ni bien el canal es activado, el poro de este se abre para dejar pasar los iones Na^+ al interior de la célula, e iniciar así, el proceso de despolarización (disparo del potencial de acción).

Casi de inmediato, comienza la "inactivación rápida", lo que es disparado por la "bisagra" (o el bucle intracelular que une los dominios S_3 y S_4).

Inactivado el canal, el poro se cierra, a la vez que se dispara la "inactivación lenta", que se encarga de recuperar la situación inicial del canal, para dejarlo

[3] Afinidad por las moléculas de agua.

nuevamente en condiciones de operar. Esto último se produce mientras las células musculares también recuperan su potencial de reposo (repolarización).

De acuerdo con lo descrito podemos concluir que los procesos de activación e inactivación de los canales iónicos no son procesos separados como se suponía, sino que están acoplados y guardan entre sí una triple relación: son opuestos, complementarios y concurrentes.

El ser humano, como todos los mamíferos, dispone de un sistema circulatorio doble, que es puesto en funciones por el corazón como bomba aspirante-impelente, el órgano que produce el mayor campo eléctrico y magnético del cuerpo.

3.0. ANATOMÍA ELÉCTRICA DEL CORAZÓN

El sistema de conducción del corazón humano, tal como muestra la Figura 2 está compuesto por el *nódulo sinusal*, que es donde se genera el impulso eléctrico que posibilita cada latido. Una serie de fascículos que recorren ambas aurículas, los *tractos internodales* y los *fascículos interauriculares*. Un filtro que retarda la llegada del impulso a los ventrículos, hasta que éstos se llenen de sangre en la diástole, llamado *nódulo auriculoventricular* (NAV). Un tronco de células cardíacas especializadas (como todas las que integran el sistema) que conduce el estímulo a los ventrículos a través del tabique interventricular, el *haz de His*. Dos *ramas del haz de His* que se distribuyen en el ventrículo *derecho* y en el ventrículo *izquierdo*, y esta última, se divide en una *hemirama anterior* y otra *posterior*. Por último, pequeñas ramificaciones que se distribuyen en toda la masa muscular de ambos ventrículos, la *red de Purkinje*.

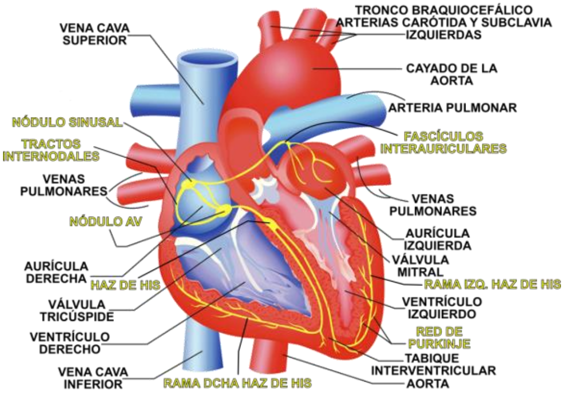


Figura 2 SISTEMA DE CONDUCCIÓN (en amarillo)

4.0. EVENTOS ELÉCTRICOS CARDÍACOS: RITMO

El corazón es un generador que produce un poderoso campo eléctrico (y, por tanto, magnético), y estas manifestaciones eléctricas se pueden captar en la superficie a través de la piel, mediante, por ejemplo, un electrocardiograma (ECG).

El marcapasos natural (*nódulo sinusal*) alojado en el techo de la aurícula derecha, es quien inicia, si todo funciona correctamente, el estímulo que culmina con un latido cardíaco, es decir, la expulsión de unos 70 cc. de sangre oxigenada para ser distribuida por todo el cuerpo con una presión de 120 mmHg. Este fenómeno es debido a la contracción sincronizada del ventrículo izquierdo, quien en un minuto (con una frecuencia promedio de 70 latidos por minuto (lpm)) expulsa un total de aproximadamente 5 litros de sangre. En la Figura 3 podemos apreciar lo que ocurre luego.

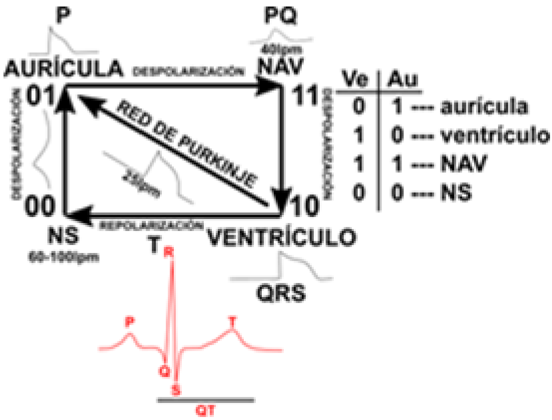


Figura 3 PAU DE LOS EVENTOS ELÉCTRICOS CARDÍACOS Y SUS MANIFESTACIONES DE SUPERFICIE
Referencias: NS: nódulo sinusal – NAV: nódulo aurículoventricular – Ve: ventricular – Au: auricular – lpm: latidos por minuto.

El PAU hemicíclico exógeno anterior muestra la relación existente, en el corazón normal, entre sus cavidades fundamentales (2 aurículas (derecha e izquierda), y 2 ventrículos (derecho e izquierdo)), y los centros eléctricos activos que regulan los latidos cardíacos. Entre ellos, el más importante es el marcapasos natural (NS) que late espontáneamente entre 60 y 100 veces por minuto. Esta estructura produce un potencial de acción de respuesta lenta (velocidad de crecimiento = 1 a 10 Volt/s – Carmeliet & Vereecke, 2002), que carece de las fases ① y ②, y cuya fase ④ sufre un fenómeno de “despolarización automática” lo que hace que se genere espontáneamente un impulso que produce el subsiguiente latido (función de marcapasos) (Figura 4).

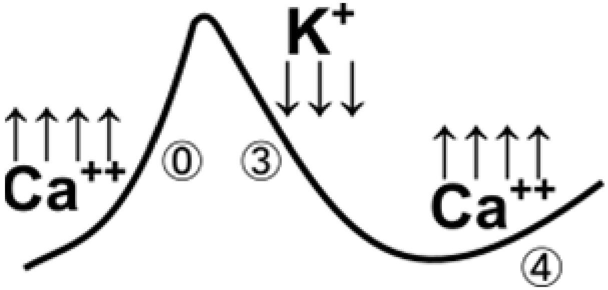


Figura 4 POTENCIAL DE ACCIÓN DEL NS
Referencias: ↑↓: flujo iónico - ④: fase 4 de despolarización espontánea

La Figura 3, también muestra las “estaciones de relevo”: el NAV (de un comportamiento eléctrico similar al NS) y la red de Purkinje, que se ponen en funcionamiento, en el momento en que el NS se detiene, el NAV a 40 lpm, o si este último también falla, la red de Purkinje, a 25 lpm (ritmo idioventricular), un ritmo que alcanza escasamente para mantener a una persona con vida por corto tiempo.

En la misma figura se han representado los otros fenómenos eléctricos internos (potenciales de acción de las demás estructuras), y los equivalentes en la superficie que pueden ser registrados en un ECG, y están representados por cada una de sus ondas. Así, la onda P corresponde al estímulo que hace contraer las aurículas, para vaciar la sangre que les llega a través de las venas. A la aurícula derecha, la sangre impura (no oxigenada) de todo el cuerpo, y a la aurícula izquierda, la sangre oxigenada que viene del pulmón. Luego hay un periodo corto de inactividad eléctrica (segmento PQ del ECG), que representa el enlentecimiento del estímulo para darle tiempo a que los ventrículos reciban

toda la sangre que vacían las aurículas (diástole ventricular). Una vez llenos los ventrículos, se produce el estímulo ventricular (QRS en el ECG), que hace que éstos se contraigan y expulsen su contenido. El izquierdo, a través de la Aorta, la sangre oxigenada a todo el cuerpo, y el derecho, a través de la Arteria Pulmonar, la sangre no oxigenada hacia los pulmones para que se oxigene.

Todo lo anterior se ha producido debido a la generación del estímulo eléctrico producto del fenómeno de despolarización, o sea, la inversión de la polaridad celular (+ el interior y – en el exterior). Por último, el sistema debe recuperarse para poder cumplir con un nuevo ciclo. Así se produce la repolarización (el fenómeno opuesto a la despolarización, es decir la recuperación de la polaridad negativa intracelular), y a nivel muscular está representado por la diástole (relajación) auricular. Esto, a nivel del ECG produce la onda T. En resumen, el primer elemento que se debe consignar, al interpretar un ECG es el ritmo o el lugar de origen del impulso cardíaco, es decir, determinar si es sinusal (el normal), nodal (producido por el NAV o en su cercanía), o idioventricular (propio del ventrículo o de rescate). Luego, en cada uno de estos ritmos deberemos determinar la frecuencia con que se disparan los estímulos, es decir, determinar la frecuencia cardíaca. El papel milimitrado sobre el que se registra un ECG (Figura 5), cuando se desplaza a razón de 25 mm/s, cada milímetro, en el eje x, mide 0,04s. Esto es, cada segundo de registro estará representado por 25 mm.

Una forma práctica de determinar la frecuencia (en latidos por minuto) es dividir 1500 (los milímetros que entran en un minuto) por la cantidad de milímetros que hay entre latido y latido. Por ejemplo: si entre latidos hay

20 milímetros, la frecuencia cardíaca será: 1500/20 = 75 latidos por minuto. Lo normal, en el adulto, es de 60 a 100 lpm. Otra cuestión que se debe observar es si el ritmo es regular o irregular (algo que no trataremos aquí).

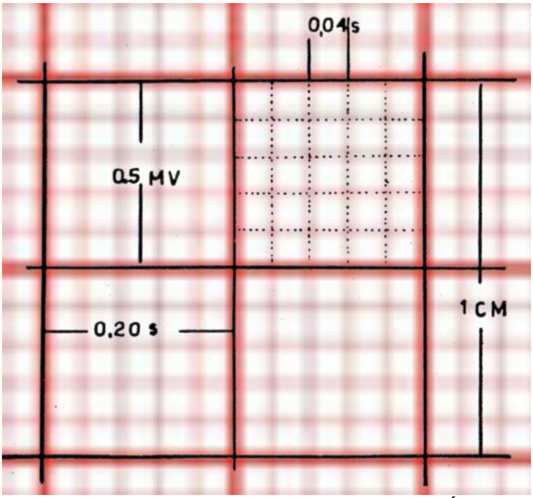


Figura 5 PAPEL ELECTROCARDIOGRÁFICO

4.1. VECTORES CARDÍACOS: EL EJE ELÉCTRICO

Otra forma de evaluar lo que ocurre cuando se dispara un estímulo desde el NS es a través de la evolución de los vectores eléctricos, que se originan suponiendo que cada impulso genera un "dipolo", es decir, un par de cargas opuestas e igual intensidad, que cuando se halla en un medio conductor de volumen, produce un cambio eléctrico en el mismo. Para calcular el potencial eléctrico en cualquier punto de un campo eléctrico producido por un dipolo en un conductor de volumen, definimos un vector, cuya dirección está definida por el eje que une ambas cargas, y su magnitud es igual al producto de una

de estas cargas por la distancia entre los dos polos (Friedberg, 1958, p. 35) (Figura 6).

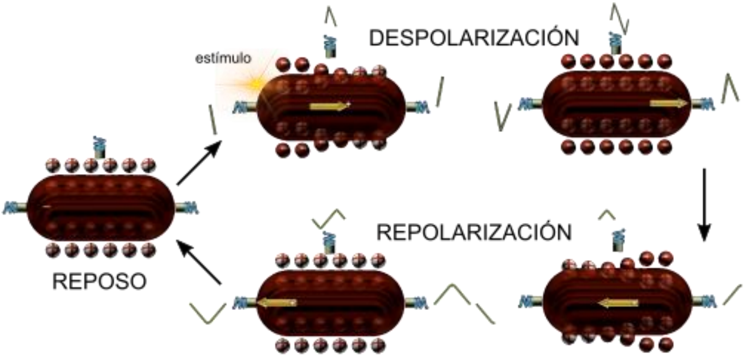


Figura 6 TEORÍA DEL DIPOLO

En la figura anterior se aprecia lo que ocurre en una célula aislada cuando la recorre un dipolo durante la despolarización provocada por un estímulo. Esto es, la inversión progresiva de las cargas internas y externas, como la cresta de una ola, a medida que avanza el vector cuya cabeza es positiva con respecto a su cola que es negativa. De esta forma, hacia donde apunta el vector provocará en el registro una desviación positiva, mientras lo que queda detrás de su cola, registrará una desviación negativa. Cuando pasa por el electrodo que está ubicado perpendicularmente al vector, se produce un registro isodifásico (positivo/negativo) cuya suma algebraica es cero. Durante la sístole mecánica, o sea, mientras los ventrículos se contraen para expulsar la sangre que contienen, algo que se puede medir en el ECG de superficie en el segmento QT (ver Figura 3), la célula cardíaca comienza a recuperarse, es decir, comienza a repolarizarse. En este proceso de recuperación, el vector viaja en la misma dirección, pero

en sentido opuesto al anterior, y sus polos también invierten sus cargas. Esto quiere decir que ahora, hacia donde apunta el registro será negativo, y el que queda detrás de su cola será positivo. En el electrodo perpendicular ocurre lo mismo que antes, pero la secuencia del registro será negativo/positivo. Cuando el proceso de repolarización ha terminado, la célula vuelve al estado de reposo, o sea, cargas negativas en su interior y positivas en el exterior.

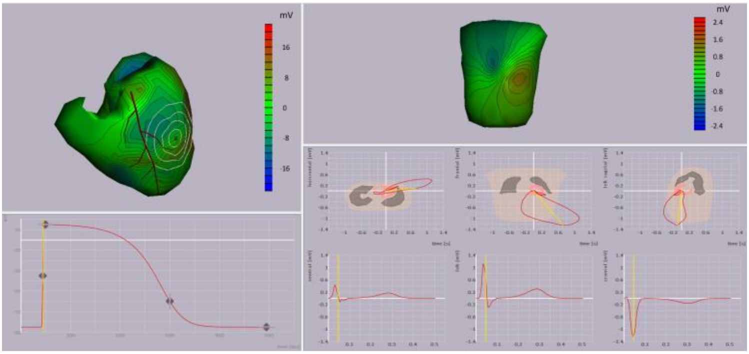
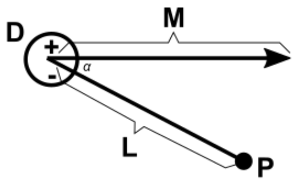


Figura 7 VECTOCARDIOGRAMA
ECGsim versión 3.0.1 – ©Peacs BV(2010-2019) - Netherlands

La Figura 7 vemos el registro de un *vectocardiograma* (VCG). Este registro se basa en los mismos principios que el ECG, es decir, en el registro de los potenciales eléctricos en cualquier punto del conductor de volumen. La forma de calcular estos potenciales se muestra en la Figura 8.



$$\textbf{Potencial en P} = \frac{\mathbf{M}.\cos(\alpha)}{\mathbf{L}^2}$$

Figura 8 POTENCIAL ELÉCTRICO EN UN PUNTO
Referencias: D: dipolo – P: punto en un conductor de volumen
M: magnitud del vector del dipolo – L: distancia desde el punto al dipolo - α: ángulo entre M y L

Si le asignáramos un color al grado de positividad o negatividad de un vector, obtendríamos algo similar a lo que observamos en la Figura 7, en la representación del tórax (a nivel de la piel) y del músculo cardíaco, en donde el color rojo muestra isopotenciales positivos y el azul los negativos. Allí también, vemos la sincronización con el registro de los vectores instantáneos, e hipotéticamente únicos del VCG, el ECG, y el potencial de acción, al comienzo de la despolarización ventricular, algo indicado por la ubicación del calibre amarillo en el tiempo.

4.2. DERIVACIONES ELECTROCARDIOGRÁFICAS

Un ECG estándar consta de 12 derivaciones, que consisten en medir la diferencia de potencial que hay entre dos puntos para determinar su polaridad. Se dividen en: a) estándar o bipolares[4] (D_1, D_2, y D_3): que conectan brazo dcho-brazo izq.; brazo dcho-pierna izquierda; y, brazo izq.-pierna izq., respectivamente. b) uni o monopolares: destinadas a medir el potencial de un determinado sitio con relación a un punto distante o cero (electrodo neutro), que se coloca en la pierna dcha. Entre estas tenemos aVR, aVL, y aVF (o aumentadas de los miembros derecho, izquierdo y pierna izquierda, respectivamente), y las precordiales V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, y V_6, que rastrean las distintas áreas del músculo cardíaco desde la pared anterior del tórax (Figura 9).

[4] Ambos electrodos están, aproximadamente, a la misma distancia del corazón.

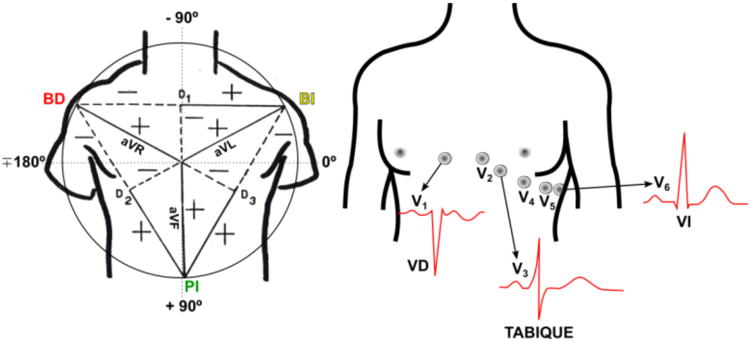


Figura 9 DERIVACIONES BIPOLARES Y MONOPOLARES
Referencias: BD: brazo dcho – BI: brazo izq. – PI: pierna izq.
VD: ventrículo dcho – VI: ventrículo izq.

4.3. DETERMINACIÓN DEL EJE ELÉCTRICO

Hay distintas maneras de calcular el eje eléctrico (EE) del corazón, algo que representa el ángulo que forma el dipolo neto en el instante de máxima propagación, con el eje horizontal, asumiendo que el corazón (origen del vector) está ubicado en el origen del sistema de coordenadas (Figura 10).

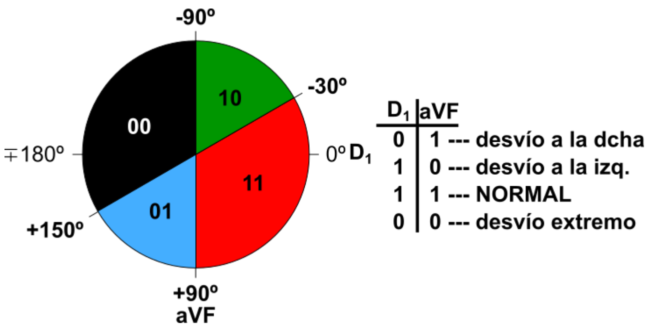


Figura 10 UBICACIÓN DEL EJE ELÉCTRICO
Referencias: 1: QRS positivo – 0: QRS negativo

Una forma sencilla, aunque imprecisa, de determinar EE es la que muestra la figura anterior. Si se tiene en cuenta hacia dónde se dirige el pico del QRS (positivo o hacia arriba de la línea isoeléctrica, dado que el vector se acerca a la derivación en cuestión; o, negativo o hacia abajo de ella, dado que el vector se aleja) en las derivaciones D_1 y aVF, podemos ver si el eje es normal o está desviado hacia la derecha o hacia la izquierda (incluidas sus formas extremas), lo cual nos alertaría de alguna patología o situación anómala, inclusive, si hemos colocado bien los electrodos en los miembros.

Si ambos QRS (D_1 y aVF) son positivos estaremos seguros de que el EE es normal, o sea, se ubica entre -30º y +90º. Si el QRS es negativo en D_1 y positivo en aVF, el EE estará desviado a la derecha (más allá de +90º y +150º). Si D_1 es positivo y aVF es negativo, el EE estará desviado a la izquierda (más allá de -30º y -90º). Mientras que, si ambos son negativos, habrá una desviación extrema en cualquiera de los dos sentidos.

4.3.1. CÁLCULO DEL EE MEDIANTE LA DERIVACIÓN PERPENDICULAR

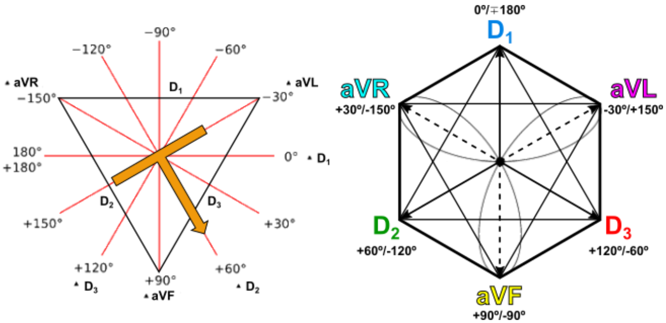


Figura 11 PAU DE LAS SEIS DERIVACIONES

Este método, es más preciso que el anterior, aunque tiene una precisión de solo 30º. Consiste en buscar un

complejo QRS isodifásico, es decir, que la deflexión positiva y negativa sean aproximadamente iguales o su suma algebraica esté cercana o sea igual a 0, de entre las seis derivaciones frontales (D_1, D_2, D_3, aVR, aVL, y aVF). Una vez que encontramos el QRS isodifásico, buscamos la derivación perpendicular y determinamos si el QRS de esa derivación es positivo o negativo. La polaridad del QRS apunta al ángulo del vector.

En el esquema de la izquierda de la Figura 11, se muestra un ejemplo. Hemos supuesto que, en este caso, el complejo QRS isodifásico está en aVL, luego, la derivación perpendicular, de acuerdo con el esquema que está representado en el *sistema hexaxial*[5], es D_2, porque la suma de las dos derivaciones debe ser igual a 90º. A continuación, comprobamos que el QRS en D_2 es positivo, por lo tanto, el eje eléctrico de ese corazón es de +60º (normal), de lo contrario hubiese sido de -120º (desviación extrema hacia la izquierda).

A veces, puede que resulte engorroso determinar la derivación perpendicular. Para no preocuparse por eso, usando los principios de la Lógica Transcursiva (LT), hemos dispuesto el PAU (Patrón Autónomo Universal – Salatino, 2017) de la derecha de la Figura 11. En él, y de acuerdo con sus códigos, que son equivalentes a los colores primarios y complementarios de la luz, en el sistema RGB, se demuestra que las derivaciones bipolares (superficiales y representadas por los colores primarios) son perpendiculares a las unipolares de los miembros (profundas y representadas por los colores complementarios). De manera que, el ejemplo anterior sería mucho más sencillo de resolver. Se encuentra el QRS isodifásico en aVL, por lo tanto, la derivación

[5] O de los seis ejes, uno para cada una de las seis derivaciones frontales, que están separados por 30º.

perpendicular está en el otro extremo (D_2). Adjuntos a cada derivación están los valores positivos/negativos de sus extremos. Como en el ejemplo el QRS de D_2 era positivo, luego, el EE es de +60º. Puede darse el caso que tengamos un ECG en donde todas las derivaciones frontales sean isodifásicas. En ese caso, no es posible calcular el EE, por lo que se informa como *EE indeterminado*.

4.3.2. CÁLCULO EXACTO DEL EE

El cálculo del EE con exactitud, se puede hacer mediante un sistema hexaxial dibujado con precisión en un papel cuadriculado con rejilla polar. Tomando como ejes la derivación D_1 y D_3, se traza una perpendicular desde la medida y la polaridad del QRS de cada una de las derivaciones (en el ejemplo: D1=+10mm; D3=+12mm), y, donde se cruzan las rectas, queda determinado exactamente el EE: +60º (Figura 12).

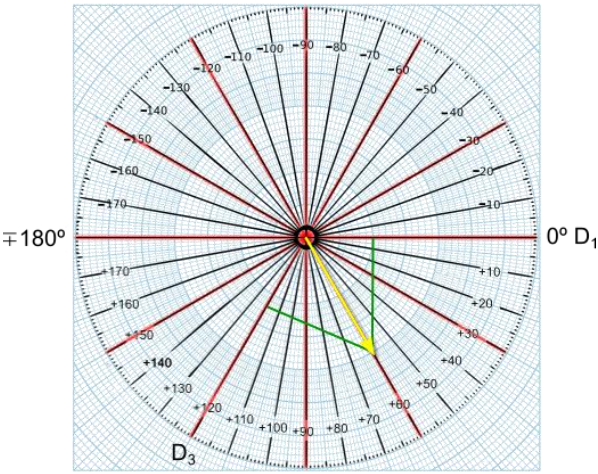
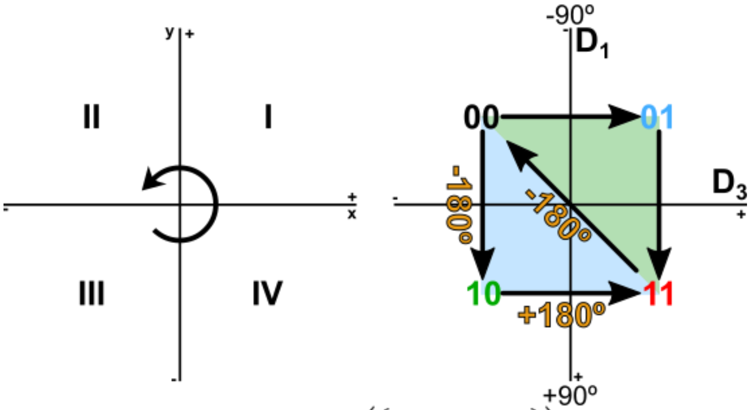


Figura 12 CÁLCULO EE MÉTODO GEOMÉTRICO

El método más exacto para el cálculo del EE es el *modelo algebraico* (Singh & Sajjad Athar, 2003). Aplicar este método, implica comprender que la suma de los vectores de D_1 y D_3 dan como solución el vector que representa el EE. La derivación D_1 se dispone sobre el eje ***x*** del sistema de coordenadas cartesianas modificado, mientras que D_3 se encuentra sobre el eje ***y***. Si aplicamos la función trigonométrica *arcotangente* o la función inversa de la tangente (*tan*$^{-1}$) a los vectores ***y***/***x***, obtendremos el valor del ángulo que representa el EE (Figura 13).



$$EE = \tan^{-1}\left(\frac{(D_1 + 2D_3)}{(\sqrt{3} \times D_1)}\right)$$

Figura 13 CALCULO TRIGONOMÉTRICO DEL EE
PAU DE LA ARCOTANGENTE
Referencias: 1: QRS positivo – 0: QRS negativo

Como muestra la figura precedente, hay que tener en cuenta algunas consideraciones para poder aplicar el método. En primer lugar, debemos modificar la disposición de las coordenadas cartesianas (a la

izquierda de la figura) que despliegan sus respectivos cuadrantes (I-IV) en el sentido contrario a las agujas del reloj. En este caso, hemos rotado las coordenadas 90º en el sentido de las agujas del reloj, de modo que, el cuadrante I, ahora ocupa el lugar del IV cartesiano. La polaridad de cada cuadrante está dada por los elementos estáticos y dinámicos de un PAU (Salatino, 2017), según las referencias de la figura.

Desde el punto de vista trigonométrico, la *arcotangente* no se puede aplicar a todo el dominio, ya que, aunque se la define como la función inversa de la tangente, la función tangente no es biyectiva, por lo que no tiene función inversa definida en todo su dominio (Abramowitz & Stegun, 1972).

La tangente se la toma en el intervalo abierto (-π/2, π/2, esto es -90º, +90º - El nivel aparente o superficial del PAU (triángulo verde)), por lo tanto, salvo que el eje esté en los cuadrantes modificados I y II (o sea, que tanto los QRS de D_1 como de D_3 sean positivos, o, D_1 positivo y D_3 negativo, deberá corregirse su valor sumando o restando el valor 180, como bien lo muestra el PAU funcional de la figura, que partiendo del cuadrante III hacia el cuadrante II, permite llegar al I, y decirnos que allí, podemos aplicar la fórmula que está al pie de la figura para obtener el valor buscado del EE.

Cuando partimos del cuadrante III hacia el cuadrante IV, si el numerador da un valor negativo, debemos restar 180 al resultado. Si seguimos al cuadrante I y el numerador da un valor positivo, tendremos que sumar 180. Si regresamos del cuadrante III, en cualquier caso, debemos restar 180. La permanencia en un cuadrante está dada por la polaridad de ambas derivaciones tomadas como referencia, la cual se calcula haciendo la suma algebraica de las deflexiones positivas y negativas

de los QRS de D_1 y D_3. Todo cuadrante está definido por los códigos binarios que forman el PAU. Así, el I (D_1+/D_3+ (11)), el II (D_1-/D_3+ (01)), el III (D_1-/D_3- (00)), y el IV (D_1+/D_2- (10)).

Debemos tener en cuenta lo siguiente:

Si ambas derivaciones tienen valor 0, es decir, ambas son isodifásicas, el EE se considera como *indeterminado*.

Si D_1 es isodifásico, pero D_3 es positivo, el EE estará a +90º, independientemente del valor positivo de D_3.

Si D_1 es isodifásico, pero D_3 es negativo, el EE estará a -90º, independientemente del valor negativo de D_3.

Si la derivación D_3 es la isodifásica, y D_1 es positivo, el EE estará a 30º, independientemente del valor positivo de D_1.

Si la derivación D_3 es isodifásica, D_1 es negativa, el EE estará a -150º, independientemente del valor negativo de D_1.

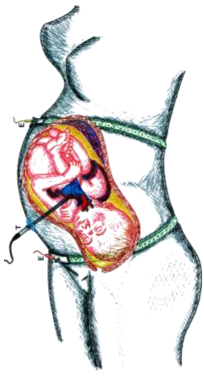
5.0. ECG MATERNO-FETAL

Si bien, el ECG materno-fetal es un examen complementario que casi ha desaparecido en la práctica diaria, superado para detectar patología cardiovascular prenatal por la ecocardiografía 3D/4D, lo incluimos en este trabajo al solo efecto de analizar el comportamiento de un campo eléctrico (el del feto), dentro de otro campo eléctrico (el de la madre), con fines didácticos.

El corazón es uno de los primeros órganos que se desarrollan en el feto. Luego de las 7 semanas de gestación, ya tiene una conformación anatómica similar a la que tiene el corazón adulto, es decir, dispone de sus cuatro cámaras: dos aurículas y dos ventrículos. Por lo

tanto, desde el punto de vista morfológico, tanto el feto como el adulto, generan señales electrocardiográficas que contienen las mismas ondas básicas: onda P (despolarización auricular), QRS (despolarización ventricular), y T (repolarización ventricular). Las similitudes desaparecen cuando consideramos los detalles. Por solo poner un ejemplo: el EE en el feto apunta al ventrículo derecho, y no al izquierdo como en el adulto, ya que es el lado derecho del corazón fetal el que más trabaja, porque los pulmones no cumplen con su función, es decir, es la placenta la que oxigena la sangre, entonces el circuito menor de la circulación sanguínea está sometido a mayores presiones que el izquierdo. En el adulto es a la inversa, por eso la masa muscular del ventrículo izquierdo es más importante y hace que su vector también lo sea (Agostinelli et al., 2015).

La técnica más antigua utilizada para obtener un registro ECG fetal es la de colocar los electrodos del electrocardiógrafo en el abdomen de la madre (Figura



14).

Figura 14 ELECTRODOS ABDOMINALES
Referencias: E: electrodos – T: transductor ecocardiográfico

Este método de registro, aunque en desuso, es el que elegiremos para los ejemplos (Figura 15).

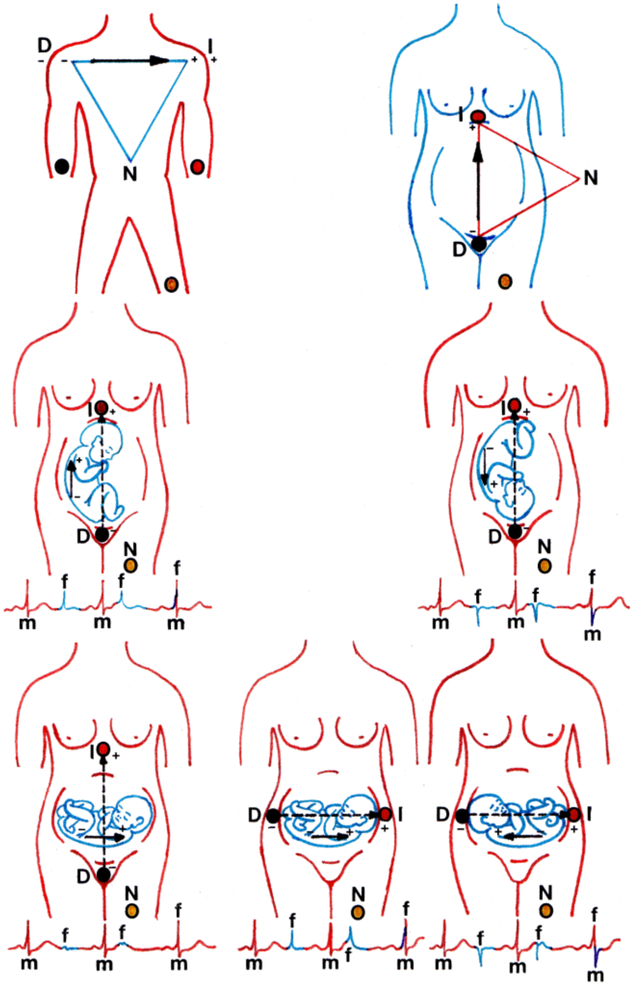


Figura 15 CONEXIONES HIPOTÉTICAS
Referencias: D: derecho – I: izquierdo – N: neutro
m: materno – f: fetal

Como muestra el esquema, solo colocaremos tres electrodos: el del brazo derecho ($D_{(-)}$) que está colocado inmediatamente por encima del pubis de la madre. El del brazo izquierdo ($I_{(+)}$) que se ha colocado en el epigastrio, inmediatamente por debajo del esternón, y el neutro (N) que se coloca en la pierna izquierda materna. Con esta disposición simulamos una derivación D_1 de un electrocardiograma habitual, tanto materno como fetal.

Si conectamos estos electrodos a un monitor mediante una ficha única, obtendremos una imbricación de ambos trazados: el de la madre y el del feto, con una disposición similar a una derivación D_1.

Como vemos en el esquema superior izquierdo de la figura, estamos suponiendo también, que estamos haciendo la misma conexión en el feto. Ahora, el feto, como vemos, puede adoptar distintas posiciones en el útero. Las más frecuentes son: cefálica (de cabeza), pelviana (de nalgas), y transversas (cabeza a la derecha o a la izquierda), en ese orden.

Podemos apreciar que, en realidad, la conexión (por cercanía) del feto no es como la madre, sino que los electrodos D e I, están colocados en su cabeza y en sus nalgas, según sea el caso, ya que aproximarlos a los miembros superiores sería imposible.

La figura muestra que, en las presentaciones cefálicas, se obtiene un ECG fetal imbricado, cuyos QRS se dirigen en sentido contrario a los de la madre, es decir, son negativos, como si le estuviéramos tomando una derivación D_1 a un niño que ya nació (Figura 16).

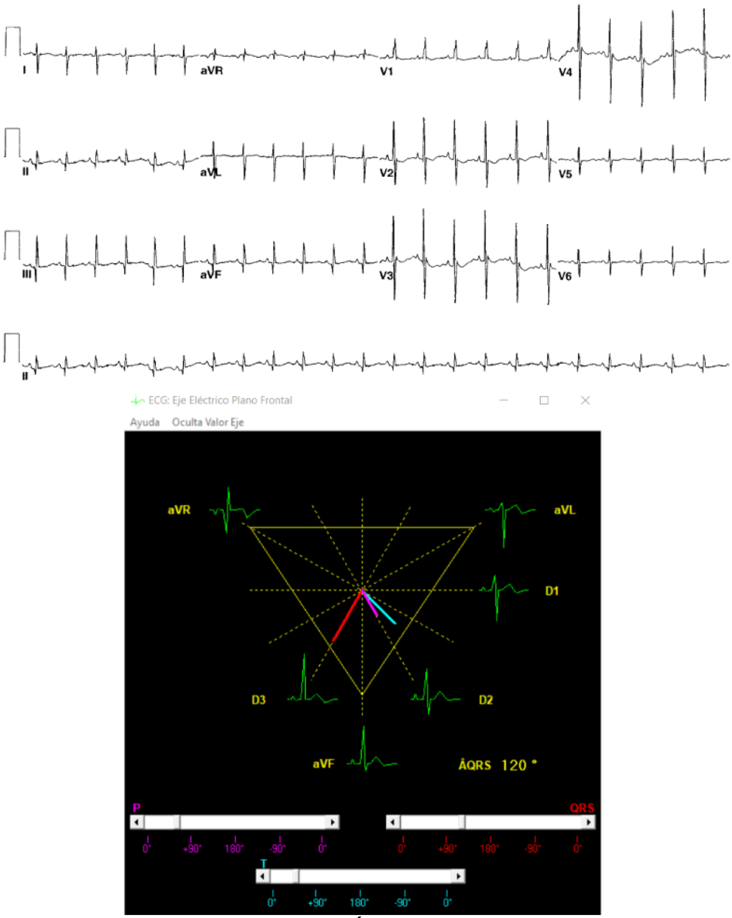


Figura 16 RN DE UN DÍA DE VIDA (D_1 negativo)
EE DETERMINADO CON SOFTWARE SIMULADOR DE ECG PROPIO (Salatino, 2007)

En las presentaciones pelvianas, en cambio, sucede lo contrario, los complejos fetales son positivos, como si realmente, estuviéramos tomando una derivación D_1 a un niño mayor o a un adulto.

En las presentaciones transversas, si dejamos los electrodos abdominales tal como lo hemos colocado, los complejos fetales se pierden. Por lo tanto, debemos cambiar los electrodos a los flancos, el D en el derecho y el I en el izquierdo. Si los complejos fetales son positivos, el feto tiene la cabeza hacia la izquierda, de lo contrario, está a la derecha.

5.1. REGISTROS EXPERIMENTALES

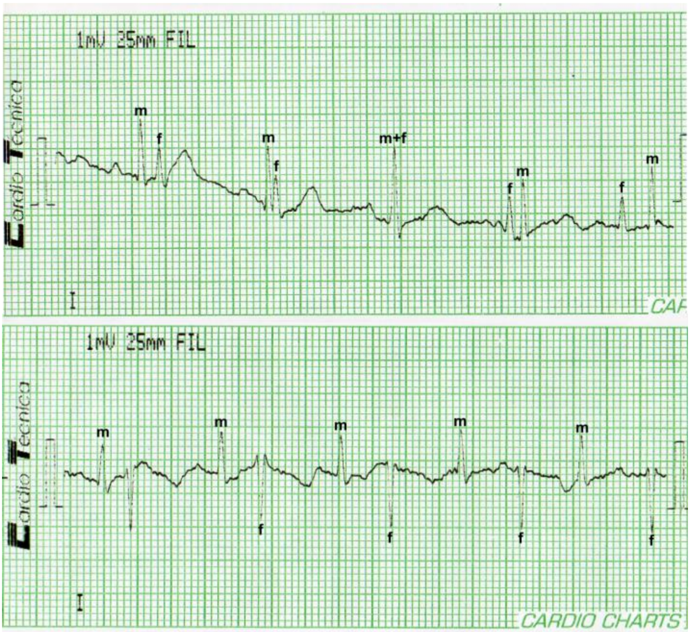


Figura 17 TRAZADOS EXPERIMENTALES
Referencias: m: materno – f: fetal

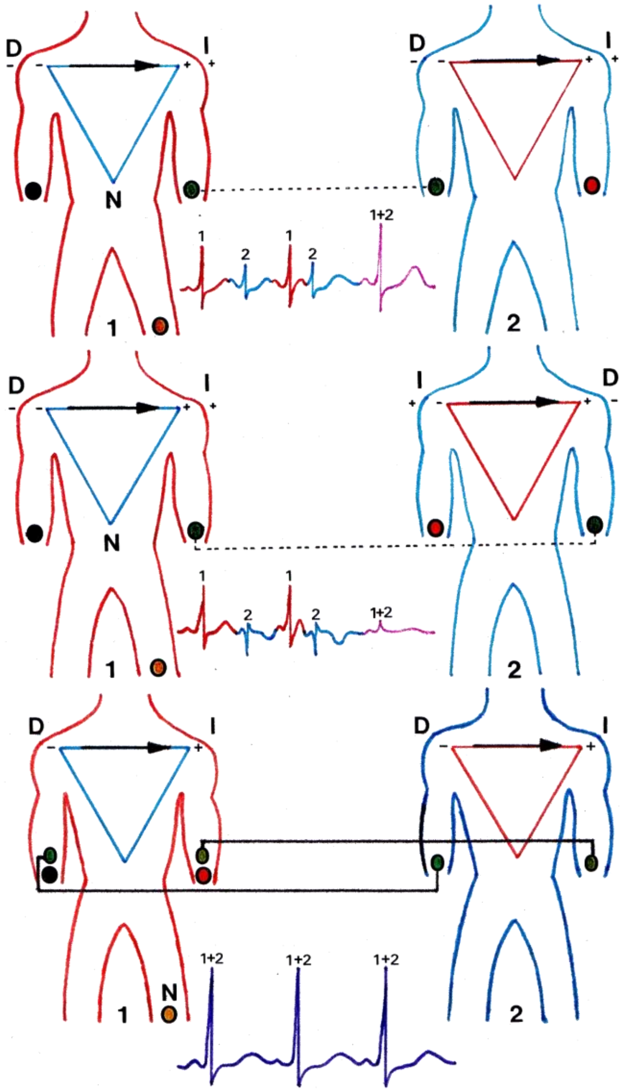


Figura 18 MÉTODO EXPERIMENTAL
Referencias: D: derecho – I: izquierdo – N: neutro
1: materno – 2: fetal

En las Figuras 17 y 18 se muestra una forma de simular el registro de un ECG materno fetal en dos presentaciones distintas (cefálica y pelviana). Se muestran los trazados reales obtenidos conectando a dos adultos, según los esquemas que figuran a continuación. Si a un adulto (que oficiará de mamá) lo conectamos a un electrocardiógrafo a través del electrodo del brazo derecho, y el de ambas piernas; y, a otro adulto (que oficiará de feto), al que le hemos hecho hacer algún ejercicio como para que aumente su frecuencia cardíaca, le conectamos el electrodo del brazo izquierdo del aparato, y su brazo derecho, mediante un cable suplementario, se lo conectamos al brazo izquierdo del que oficia de madre, logramos una conexión en serie de los campos eléctricos cardíacos que simula perfectamente el trazado materno-fetal de una presentación pelviana (Figura 17, primer trazado; Figura 18, primer esquema).

Si ahora, mediante el cable suplementario, conectamos los brazos izquierdos de ambos adultos, y los brazos derechos de ambos al aparato, es decir, los conectamos en paralelo, obtenemos un ECG materno-fetal equivalente a una presentación cefálica (Figura 17, segundo trazado; Figura 18, segundo esquema).

El último esquema de la Figura 18, simula el caso de una presentación transversa, pero con los electrodos abdominales colocados verticalmente, lo cual se logra conectando, con dos cables suplementarios, los brazos derechos e izquierdos de ambos adultos.

La Figura 19 muestra el PAU con la estrategia de conexión para lograr los ECG experimentales.

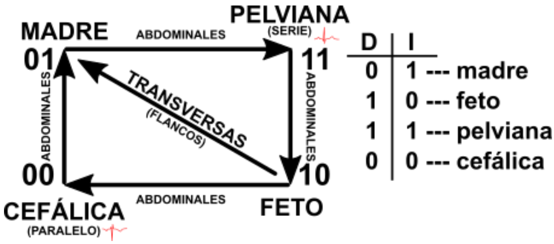


Figura 19 PAU EXPERIMENTAL

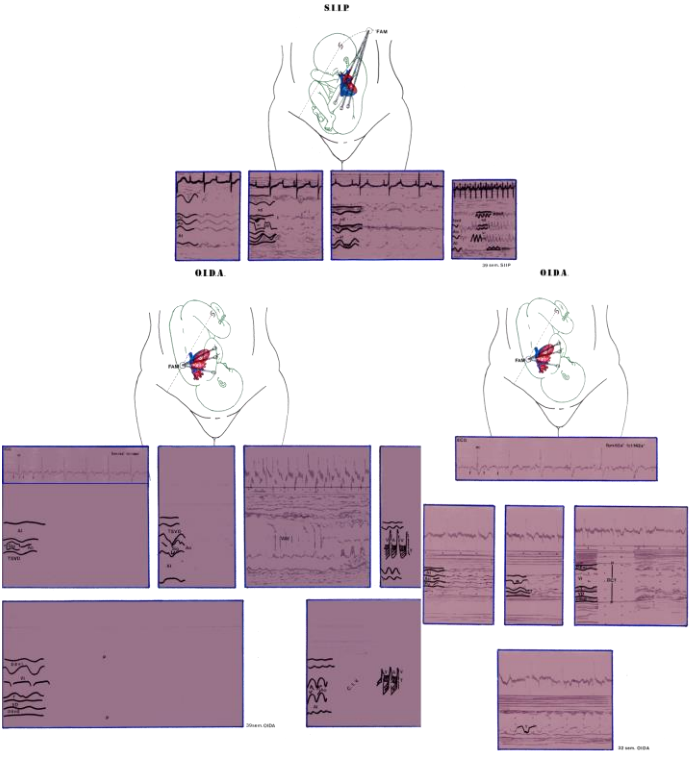


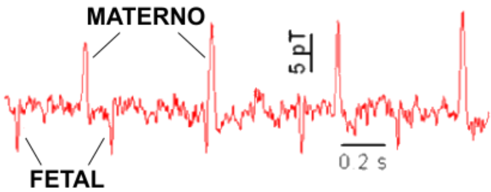
Figura 20 TRAZADOS REALES REGISTRADOS CON ELECTRODOS ABDOMINALES

Referencias: SIIP: variedad de posición pelviana – OIDA: variedad de posición cefálica

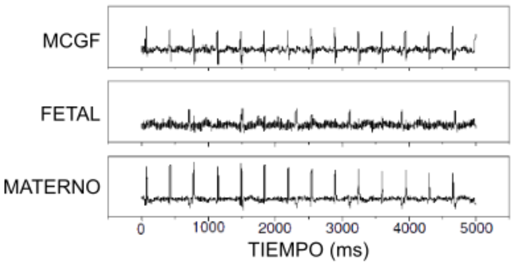
La Figura 20 muestra trazados ECG materno-fetales reales, registrados en simultáneo con ecocardiografía bidimensional.

5.2. TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DEL ECG FETAL

Para poder evaluar las distintas ondas y hacer las mediciones pertinentes en un ECG fetal, debemos extraerlo desde el trazado materno superpuesto. Una de las formas de lograrlo es a través de un Magnetocardiógrafo[6] (Peters et al., 2005) (Figura 21). Luego de tomar el trazado materno-fetal, que es similar al logrado con los electrodos abdominales, por métodos estadísticos, se separan ambos trazados (Figura 22).



MCGFETAL (tiempo real): gestación 32 sem.
Figura 21 MAGNETOCARDIOGRAMA FETAL



(Modificado de Peters et al., 2005)
Figura 22 EXTRACCIÓN MEDIANTE ACI[7]

[6] Registra las variaciones del campo magnético que se generan durante la actividad cardíaca.
[7] Análisis de componentes independientes, para separar señales multivariantes.

Otra forma de extracción del ECG fetal es entrenando una Red Neuronal Artificial para que reconozca el trazado materno y lo elimine.

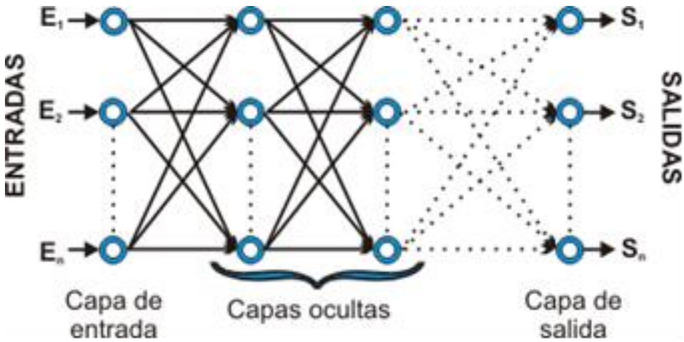


Figura 23 ESTRUCTURA DE LA RNA
(Feedforward con aprendizaje backpropagation)
(Puglesi, Salatino, Bernasconi, 2001)

El algoritmo backpropagation (BP) permite lograr una representación interna tal del conocimiento, que es capaz de reorganizar en la(s) capa(s) intermedia(s) u oculta(s) (∇), la correspondencia entre la entrada y la salida de la red. De esta manera, puede emular el comportamiento de un PAU de la LT.

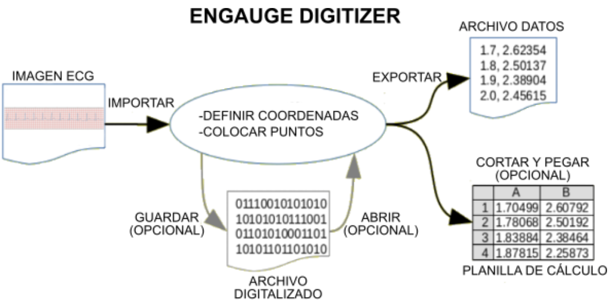


Figura 24 DIGITALIZACIÓN DE LOS TRAZADOS

El primer paso fue digitalizar los trazados para obtener los datos con los que alimentar la red (Figura 24). Tarea que se llevó a cabo con un software freeware de código abierto (Engauge Digitizer®).

Utilizando la Artificial Neural Network Toolbox de Matlab®, pudimos realizar una extracción exitosa del ECG fetal, en una presentación cefálica (Figura 25), y en una presentación pelviana (Figura 26).

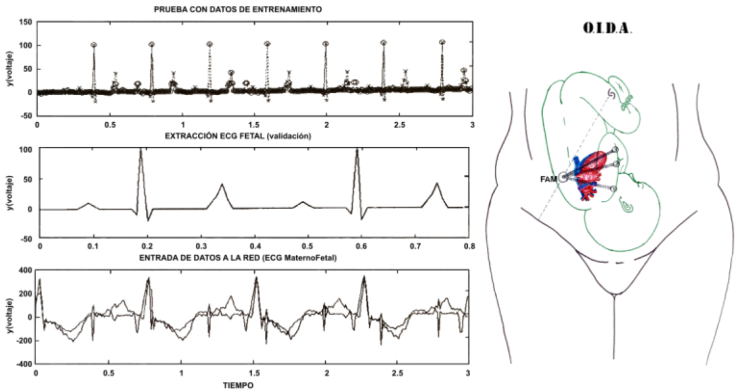


Figura 25 EXTRACCIÓN ECG FETAL PRESENTACIÓN CEFÁLICA



Figura 26 EXTRACCIÓN ECG FETAL PRESENTACIÓN PELVIANA

En la Figura 26, los trazados, una vez extraídos, fueron reconstruidos con Matlab, y superpuestos sobre un papel electrocardiográfico real.

6.0. CONCLUSIONES

Siguiendo los preceptos en los que se basa la Lógica Transcursiva hemos analizado el funcionamiento cardíaco y los elementos que utiliza el cardiólogo para estudiar su desempeño, tomando el corazón como un modelo didáctico.

Así, pudimos ver la intimidad de cómo se origina el potencial eléctrico que hace latir el corazón, la anatomía en donde se soporta este mecanismo, y cómo se lo explora, es decir, la determinación del ritmo, de los vectores cardíacos que se generan cuando un supuesto ‘dipolo’ se desplaza en un conductor de volumen, pudiendo calcular el potencial eléctrico en cualquier punto del campo eléctrico por él producido. Se pudo observar, además, las variaciones del campo magnético que todo esto genera, y cuál es la manifestación eléctrica superficial (en la piel del sujeto estudiado) de este proceso que puede ser registrada en un electrocardiograma (ECG), del cual pudimos analizar sus derivaciones y determinar algunos valores que sirven para pesquisar algún posible desvío del funcionamiento normal, entre ellos, el eje eléctrico.

También, como un aporte más y para comprender mejor cómo se comportan los fenómenos eléctricos producidos por el corazón, se analizó la situación eléctrica de una mujer embarazada, en donde el campo eléctrico del corazón del hijo está imbricado en el campo eléctrico materno. Se mostraron trazados experimentales que ayudaron a hacer diagnóstico de posición fetal y análisis de las características del electrocardiograma del feto, y

una serie de trazados reales en los que, mediante redes neuronales artificiales, se pudo separar el ECG fetal del materno, y así poder determinar el ritmo y la frecuencia cardíaca (cantidad de latidos por minuto) para asegurarse de la salud cardiovascular fetal.

REFERENCIAS

Abramowitz, M.; Stegun, I. A. (1972). *Handbook of Mathematical Functions with Formulas, Graphs, and Mathematical Tables*. Washington, Dover Publications.

Agostinelli, A. et al. (2015). *Noninvasive Fetal Electrocardiography: An Overview of Signal Electrophysiological Meaning, Recording, Procedures, and Processing Techniques*. A. N. E., Vol. 20, Nº 4, pp. 303-313.

Carmeliet, E.; Vereecke, J. (2002). *Cardiac Cellular Electrophysiology*. New York, Kluwer Academic Publishers.

Friedberg C. K. (1958). *Enfermedades del corazón*. Mexico, Editorial Interamericana, S. A.

Peters, M. J. et al. (2005). *Fetal Magnetocardiography*. En Advances in Electromagnetic Fields in Living Systems. Volume 4. James C. Lin (Editor). Chicago, Illinois, University of Illinois, Springer.

Puglesi, A. E.; Salatino, D. R.; Bernasconi, M. S. (2001). *Aplicación de Redes Neuronales en Control de Procesos, un Tutorial sobre su aplicación en Planta Piloto Pedagógica.* En IV Simposio Internacional de Automatización. Lima, Perú, 24 al 27 de Octubre.

Salatino, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva*. Autoedición, Mendoza, Argentina. ISBN: 978-987-42-5099-5.

Salatino, D. R. (2019). *Fundamentals of a new research method*. Inter. J. Res. Methodol. Soc. Sci., Vol. 5, Nº 1, pp. 52-73.

Singh, P. N.; Sajjad Athar, M. (2003). *Simplified calculation of mean QRS vector (mean electrical axis of heart) of electrocardiogram*. Indian Physiol Pharmacol, 47(2); pp. 212-216.

Yagel, S.; Silverman, N. H.; Gembruch, U. (2019) *Fetal Cardiology. Embryology, Genetic, Physiology, Echocardiographic Evaluation, Diagnosis, and Perinatal Management of Cardiac Diseases*. Boca Raton, Florida, CRC Press.

Zipes, D. P.; Jalife, J.; Stevenson, W. G. (2018). *Cardiac Electrophysiology: From Cell to Bedside*. Philadelphia, PA, Elsevier.

* * *

2. Investigadores y creación de conocimiento

Guillermo A. Cuadrado[8]

Resumen:

El sujeto que investiga es esencial en la producción de conocimientos científicos y tecnológicos, por ello es relevante para empresas de la economía del conocimiento y universidades públicas y privadas. El propósito de este trabajo fue presentar en forma sintética ciertas teorías que consideran al sujeto decisivo para producir conocimiento y consolidar grupos. El método utilizado para la obtener la información de este trabajo consistió en analizar, en forma lógica y epistemológica, la bibliografía sobre las teorías: de los tres mundos' de Popper, de los conocimientos tácito y explícito de Polanyi, la Lógica Transcursiva de Salatino y la de creación de conocimiento de Nonaka y Takeuchi. En cuanto a los resultados se obtuvo que: entre los investigadores y el mundo de las ideas objetivas se establecen relaciones recursivas que determinan la comprensión del conocimiento; para producir conocimiento hay que salir del marco articulado existente, para reorganizarlo por efecto del conocimiento tácito de las experiencias individuales; la Lógica Transcursiva prescinde de marcos de referencia para observar la realidad, para acoplar los aspectos subjetivos y objetivos de la misma, permitiendo reducir la explosión combinatoria de los factores intervinientes; las organizaciones se adaptan a un entorno cambiante innovando. La conclusión principal es que las teorías señaladas proporcionan elementos para organizar planes institucionales que desarrollen o fortalezcan la investigación. Las mismas proporcionan las pautas a tener en cuenta para el desarrollo individual, grupal y organizacional, y generar una tradición que se iría consolidando con el tiempo.

Palabras claves: <teoría de los tres mundos>; <conocimiento tácito>; <lógica transcursiva>; <creación de conocimiento>

---

[8] Grupo IEMI, FRM, UTN; FFyL-UNCuyo; UCA-Mendoza

Actualmente, la investigación científica y tecnológica es un aspecto relevante para dos sectores que muchas veces se complementan con estudios y desarrollos: las empresas de la denominada ‘economía del conocimiento’ y las universidades públicas y privadas. Las primeras porque impulsan el patrón industrial de aplicar formas, métodos y maneras de abordar y resolver problemas, recurriendo al conocimiento y las nuevas tecnologías para producir bienes y servicios. En cuanto a las universidades, la ley les señala que deben realizar investigaciones y además, el organismo nacional de acreditación universitaria se lo exige.

La ciencia, entre otras posibilidades, tiene un sentido objetivo y otro subjetivo. Si bien, la misma está organizada para asegurar la objetividad, ella demanda ciertas aptitudes del sujeto que hace ciencia, como entender y realizar correctamente las operaciones pertinentes de cada actividad planteada. Por ese motivo, la consideración del sujeto que investiga es una condición central en el proceso de la producción de conocimientos.

Los sentidos objetivo y subjetivo de la ciencia han sido tratados con diferentes perspectivas y por varios autores como J. von Uexküll (1864-1944), M. Polanyi, (1891-1976), F. Hayek (1899-1992), J. Bochenski (1902-1995), K. Popper (1902-1994), E. Agazzi (1934;-), I. Nonaka (1935;-), H. Takeuchi (1936,-), D. Salatino (1949;-) entre otros de una larga lista. Por cierto, algunas obras de varios de esos pensadores se han utilizado en la preparación de este trabajo.

Cabe agregar, que si bien la ciencia da cuenta de problemas que se resuelven por el ejercicio de la razón no puede prescindir de ciertos procesos subjetivos. En ese sentido, las razones universales y formales que la

ciencia expresa en diversos lenguajes no necesariamente entran en contradicción irreconciliable con ciertas características subjetivas del investigador, como la intuición, las pasiones, la ética y ciertas experiencias personales.

La investigación científica institucional sea de una empresa o de una universidad encauza la curiosidad de sus agentes, para desarrollar o ampliar el conocimiento de un tema. Se trata de una actividad, cuyos protagonistas comprenden de un modo sistemático y profundo las relaciones de contenido del tema seleccionado.

En ese sentido, el propósito de este trabajo es presentar en forma sintética ciertas teorías que toman en consideración el sujeto que investiga, como condición decisiva en el proceso de la producción de conocimiento y en la consolidación de grupos de investigadores, en empresas o en universidades. Para examinar estos requisitos se plantean los siguientes interrogantes: ¿Qué características tiene el conocimiento? ¿Cómo se relaciona el agente que investiga con ese conocimiento? ¿Cómo se vincula con otros agentes que también investigan? ¿Cómo se desarrolla una comunidad de investigadores?

Entre otras contribuciones, este trabajo sugiere que las teorías que seguidamente se presentan proporcionan elementos suficientes para organizar un plan institucional que desarrolle o fortalezca la investigación. Las mismas proporcionan las pautas a tener en cuenta para el desarrollo individual, grupal y organizacional y generar una tradición que se iría consolidando con el tiempo.

Con referencia a la organización de este artículo,

primero se describen sucintamente ciertas teorías, como la de ‘los tres mundos’ de Karl Popper y otras ideas; en segundo lugar la de los conocimientos tácito y explícito de Michael Polanyi; en tercer lugar, se presenta la Lógica Transcursiva de Dante Salatino, que considera la perspectiva de quién investiga y que permite elaborar teorías, modelos y metodologías y; en cuarto lugar, la teoría de ‘la creación de conocimiento’ de Nonaka y Takeuchi que explica cómo el conocimiento de los individuos se transforma en el de una organización.

Ahora bien, el método utilizado para la obtener la información de este trabajo consistió en analizar, en forma lógica y epistemológica, la bibliografía sobre las teorías señaladas y los procedimientos que ellas suponen.

1. Teoría de los tres mundos del conocimiento

De acuerdo con Karl Popper (1974, 76-77, 107-108), el mundo del conocimiento puede clasificarse en tres categorías: a) el conjunto de los objetos físicos o *mundo 1*; b) los procesos mentales, sus expectativas y disposiciones para actuar o *mundo 2*, y c) la totalidad de los contenidos objetivos del pensamiento científico, artístico o de otra índole, que se encuentra en libros, bibliotecas, museos, computadoras y repositorios digitales o *mundo 3*. Este último, es autónomo y en él existen relaciones lógicas implícitas. Cuando alguien las encuentra hace un descubrimiento teórico, de la misma manera que en el mundo 1 se hacen los descubrimientos empíricos, como encontrar nuevas especies de plantas o animales, o las aplicaciones de un mineral, por ejemplo.

El mundo 3, se inicia en el lenguaje humano y consiste en problemas, teorías y argumentos. Estos últimos, son

independientes de los sujetos que los piensan, por eso también se lo denomina ‘mundo del conocimiento objetivo sin sujeto cognoscente’ y está potencialmente disponible para quién desee explorarlo y conocerlo. Esta circunstancia está potenciada por el advenimiento de Internet, que en archivos y documentos de diversas índoles ha logrado representar casi todo el mundo 3. Este hecho facilita el acceso a la ciencia y la tecnología, permitiendo resolver problemas y efectuar descubrimientos más fácilmente.

Por otra parte, el conocimiento subjetivo es inherente al mundo 2, pero depende de los contenidos del mundo 3, ya que estos influyen sobre las disposiciones para actuar o sobre el interés que tienen los sujetos por el conocimiento. Es evidente entonces, que los diversos lenguajes escritos y descriptivos contribuyen al surgimiento del mundo 3, donde están los problemas, las críticas racionales, y donde los argumentos juegan un rol preponderante.

Dicho de otro modo, la significación subjetiva del conocimiento es un *saber sistemático* individual que resulta de comprender en profundidad las relaciones de contenido de una disciplina y que permite realizar las operaciones intelectuales de la ciencia correctamente. Este aspecto requiere del investigador capacidad, dedicación y predisposición, que son las cualidades que hacen posibles los hallazgos, invenciones y descubrimientos científicos o tecnológicos. (Bochenski: 1976, 30-31). Seguidamente, estos últimos se plasman en el mundo 3, como textos o artefactos, los que a su vez tienen consecuencias en cada ámbito de conocimiento, influyendo a los individuos que estudian esas ciencias.

Según se ha visto, el conocimiento subjetivo de un investigador, propio del mundo 2, depende de los contenidos del mundo 3. Este hecho determina que ambos mundos estén en una relación recursiva sostenida por el lenguaje, que se usa tanto para pensar y comprender, como para expresar esos pensamientos, ambas acciones reguladas por las ideas de verdad y de verosimilitud. Al mismo tiempo, se hace indudable lo que sostiene Popper (1980, 102-103), de que toda observación se realiza a partir del conocimiento teórico previo del observador.

En lo que se refiere a las actividades que abarca el concepto amplio de 'comprensión' o de 'interpretación', las mismas son personales o psicológicas y producen la comprensión subjetiva. Sin embargo, esta última también puede ser un objeto del mundo 3, una teoría sobre un estado de cosas, como por ejemplo, una explicación histórica apoyada por una cadena de razonamientos y quizá por elementos de juicio documentales. Por este motivo, toda interpretación es una especie de teoría, que está vinculada con otras teorías y objetos del mundo 3.

Popper (1974, 154-156) sostiene que el acto subjetivo de 'comprender' sólo puede entenderse mediante sus conexiones con los objetos del mundo 3, y presenta las tres tesis siguientes:

(1) Todo acto subjetivo de comprensión está relacionado en gran medida con el mundo 3.

(2) Casi todas las consideraciones sobre dicho acto consisten en señalar sus relaciones con los objetos del mundo 3.

(3) Dicho acto consta de operaciones hechas con objetos del mundo 3, como si fuesen objetos físicos.

Por su parte, propone generalizar a todo acto subjetivo de ‘conocimiento’, indicando que consiste en señalar y relacionar los objetos del acto que pertenecen al mundo 3.

Además, Popper (1995, 29) combina la racionalidad con la importancia que la crítica tiene en el desarrollo del conocimiento. Por ese motivo, el sistema que él propuso se denomina ‘racionalismo crítico’ y en él las observaciones y experimentos sirven únicamente si se pueden utilizar para criticar teorías. Más aún, el examen crítico de las teorías es el único elemento de racionalidad para conocer la realidad, teniendo presente que cada conocimiento es una suposición y cada teoría una conjetura.

2. Conocimientos tácito y explícito de Michael Polanyi.

Polanyi (1959,12-16) sostiene que el conocimiento humano es de dos tipos: el *explícito*, que se describe en palabras, mapas o fórmulas matemáticas, y el *tácito* que permite saber que el conocimiento explícito que se tiene es verdadero. Este conocimiento tácito es una propiedad individual, privada y subjetiva, por lo que a primera vista pareciera carecer de la calidad esencial del conocimiento.

En ese sentido, la participación personal por la cual el conocedor moldea su propio conocimiento predomina tanto en los niveles más bajos de conocimiento como en los logros más elevados de la inteligencia humana. En primer lugar, para demostrar esta premisa, Polanyi contrasta las formas de inteligencia que el hombre comparte con los animales, que es la que dispone cuando no puede hacer uso del lenguaje. En ese caso, en ausencia de indicios lingüísticos, el hombre ve, oye y

siente cosas de su entorno, lo explora y conoce su camino del mismo modo que lo hacen los animales. En segundo lugar, recurre a observaciones sobre temas humanos las que sugieren que un hombre, por inteligente que sea, no es mejor en el laberinto que una rata, a menos que sea asistido por notas verbales o por un croquis.

En este último caso, si el hombre dispone de un mapa detallado de la región por la que está transitando, la ventaja es obvia. La información que transmite el mapa le permite trazar un itinerario más fácilmente que hacerlo sin él. Pero, viajar con un mapa tiene el riesgo de que éste pueda estar equivocado y, si eso se advierte, entra en juego la reflexión crítica. Dicho brevemente, el riesgo de confiar en un conocimiento formulado explícitamente se equipara con la oportunidad que éste ofrece de reflexionar sobre él críticamente. En consecuencia, es posible verificar la información del mapa leyendo en algún lugar que permita contrastarla con puntos de referencia, por ejemplo.

La principal diferencia lógica entre los dos tipos de conocimiento reside en el hecho de que es posible reflexionar críticamente sobre algo declarado explícitamente, de una manera que la conciencia tácita de una experiencia no lo permite. En efecto, cualquier expresión explícita, sea propia o ajena, permite un proceso crítico que puede durar horas, incluso semanas, meses o cuantas veces se considere necesario.

En cambio, en el nivel prearticulado esto no ocurre, ya que un mapa mental de una región familiar únicamente se puede probar usándolo como guía. En caso de error, se puede corregir la idea que se tiene, ya que no hay otra forma de mejorar el conocimiento inarticulado. Las cosas se pueden ver de un modo por vez y en caso de

duda, hay que volver a mirar hasta ver las cosas de otra manera. Por este motivo, la inteligencia inarticulada sólo avanza a tientas, tratando una cosa por vez.

El conocimiento preverbal se presenta como una inmensa zona de tinieblas, con una pequeña área iluminada que acepta críticamente las conclusiones irracionales de los sentidos. En cambio, el conocimiento articulado representa el panorama de todo un universo, establecido por el control de la reflexión crítica. Sin embargo, en todo pensamiento humano predomina el componente personal tácito. ¿Por qué? La respuesta es que aún en el caso de tener un conocimiento exacto del universo como principal posesión mental, el acto de pensamiento más destacado del hombre consiste en producir ese conocimiento. En suma, la mente humana alcanza su máxima expresión cuando logra conquistar dominios que le eran desconocidos hasta ese momento (Polanyi: 1959,18-22).

Cabe agregar, que la operación de producir ese conocimiento revisa el marco articulado existente. Por ese motivo, no puede realizarse dentro de ese marco, sino que depende de la clase de reorientación profunda que el hombre comparte con los animales. La novedad fundamental es que el descubrimiento sólo se genera recurriendo a los mismos poderes tácitos que utilizan las ratas para encontrar la salida en un laberinto.

Desde luego, si los poderes tácitos más grandes de un adulto son equiparables a los de un animal o un niño, entonces las actuaciones excepcionales de un adulto se deben atribuir principalmente a un bagaje cultural superior. En ese sentido, el genio parece consistir en poder aplicar la originalidad de la juventud a la experiencia de la madurez.

Las operaciones puramente tácitas de la mente son procesos de comprensión, más aún entender palabras y otros símbolos es un proceso tácito también. Las palabras pueden transmitir información, una secuencia de símbolos algebraicos puede establecer una deducción matemática, un mapa puede precisar la topografía de una región; pero ninguno de esos signos comunica la comprensión de ellos mismos. El emisor de un mensaje siempre tendrá que confiar en que la inteligencia del receptor le permitirá comprender el mismo. Dicho de otro modo, el acto de conocer el mensaje se produce por la contribución tácita del receptor cuando se le presenta su contenido.

Ahora bien, si se toma una afirmación como 'El libro está sobre la mesa', comprender los signos de la misma, su contenido y la relación entre ambos, parecen triviales. Sin embargo, existen muchos dominios del conocimiento donde esto es falso. Por ejemplo, hay hechos en biología o en medicina que sólo pueden ser reconocidos por los expertos que tienen la habilidad de identificarlos. Esta destreza es una hazaña tácita de inteligencia que nunca puede especificarse completamente en términos de reglas explícitas.

La superioridad intelectual de los hombres sobre los animales se debe casi en su totalidad al habla. Esta última permite recibir información de segunda mano, transmitidas acumulativamente de una generación a otra. Pero la articulación no solo permite estar mejor informados, también aumenta el poder mental sobre cualquier información dada. El hecho de trazar itinerarios en un mapa ejemplifica la ventaja especulativa de haber logrado almacenar el conocimiento en una forma práctica y condensada. En ese sentido, mapas, gráficos, libros, fórmulas, entre otros objetos semióticos, ofrecen

oportunidades para reorganizar el conocimiento desde otros puntos de vista. Por cierto, esta reorganización es una actuación tácita, similar al control intelectual sobre un entorno a nivel preverbal o al proceso de reorganización creativa de un nuevo descubrimiento. Esta es la razón por la cual el conocimiento tácito predomina sobre el dominio del conocimiento formulado explícitamente.

Conviene destacar que se puede explicar la ventaja intelectual de la articulación sin necesidad de derogar preponderancia de las aptitudes tácitas del hombre. Tal como se indicó, la superioridad intelectual del hombre sobre el animal se debe al uso de símbolos. En cambio, el uso de los mismos, así como su acumulación, la reflexión sobre ellos y la reconsideración de varios temas en términos de los símbolos que los designan, es un proceso tácito y crítico.

Todo el lenguaje articulado es una caja de herramientas, un instrumento muy efectivo que permite aplicar las facultades tácitas. En consecuencia, el coeficiente de conocimiento personal tácito también se impone al conocimiento explícito en todos sus niveles y por esta razón, representa la última facultad del hombre para adquirir y mantener su conocimiento. Cuando se busca aclarar, verificar o dar precisión a algo dicho o experimentado hay un distanciamiento de una posición que se percibe como problemática a otra que parece ser más satisfactoria. De este modo, es como se llega finalmente a considerar que un conocimiento es cierto.

En definitiva, el proceder tácito reside en esa evaluación. Se trata de un acto de participación personal ineludible que tiene el conocimiento explícito de las cosas. Más aún, es un acto del que se puede ser consciente sin reflexionar sobre el mismo, circunstancia que ya no

aparece como una rareza lógica. En efecto, el compromiso que se asume frente a un enunciado particular se debe a capacidades tácitas que operan de diversas formas. Todas ellas se elaboran en el ámbito del conocimiento humano y es únicamente este factor personal el que confiere significado y convicción a los enunciados explícitos. De este modo, todo el conocimiento humano queda moldeado y sostenido por las mismas facultades mentales inarticuladas que el hombre comparte con los animales.

La idea tradicional de conocimiento es concebir a éste como independiente del sujeto que lo interpreta, es un lenguaje que articula un conjunto de afirmaciones universales y guía las habilidades cognitivas de cada persona y además, la participación de quién conoce en la configuración de su propio conocimiento, se concede como una deficiencia que debería eliminarse. En cambio Polanyi (1959, 23-27) propone un punto de vista sobre el conocimiento decididamente personal, en el cual las declaraciones explícitas se utilizan como un instrumento que amplifica el rango de facultades tácitas que lo originaron. En síntesis, el conocimiento expresado como conjunto de declaraciones estrictamente impersonales resulta contradictorio y sin sentido. Luego, para evitar ese absurdo la solución obvia es aceptar un conocimiento personal.

Una posición como esa no es sencilla de sostener, porque el conocimiento personal sería algo que se podría determinar a voluntad, si se lo considera conveniente. Polanyi admite que el mismo estaría determinado por una obsesión que hace esfuerzos para que la intención de conocer disipe toda duda sobre lo que se conoce. La capacidad de la mente para corresponderse con la realidad y la pasión intelectual

que la impulsa hacia este contacto son suficientes para guiar el juicio personal de que se logrará la verdad, que está al alcance de cada vocación particular. En definitiva, el conocimiento tácito se manifiesta claramente en el proceso de comprensión, que vincula partes desarticuladas en un todo integral.

3. Lógica Transcursiva y la perspectiva del investigador

Según se señaló en la teoría de los tres mundos, existe un sentido objetivo y otro subjetivo de la ciencia. Esta última está organizada para asegurar la objetividad, sin embargo, demanda ciertas aptitudes del sujeto que hace ciencia, como entender y realizar correctamente las operaciones pertinentes de cada actividad planteada. Por cierto, las ciencias no son ajenas a este tipo de planteos, ya que hay teorías objetivistas que utilizan el modelado matemático para realizar análisis varios. Pero también hay corrientes subjetivistas, que sostienen que los fenómenos sociales resultan de las motivaciones y acciones de los individuos y además, en ciencias naturales adquieren relevancia los operadores de instrumentos que determinan los valores de los datos.

Es pertinente señalar que la *lógica transcursiva* permite tratar ambos puntos de vista, el objetivo y el subjetivo. Se trata un método complementario de la ciencia que tiene en cuenta la perspectiva del observador de un fenómeno. El mismo fue desarrollado por Dante Salatino en *Semiótica de los sistemas reales* (2009) para dar cuenta de la realidad subjetiva y del lenguaje natural. Sus fundamentos se remiten a la *lógica transclásica* de Gotthard Günther y a ciertas nociones presentes en las obras de Charles S. Peirce, Évariste Galois y otros autores.

Cabe agregar, que la lógica transcursiva complementa las manifestaciones evidentes de la porción de realidad investigada con la perspectiva del agente que la estudia. Además, si se tiene en cuenta que la ciencia es una manera de observar la realidad, esta metodología lo hace prescindiendo de cualquier marco de referencia. Este hecho permite acoplar los aspectos subjetivos y objetivos de la realidad, ya sea en forma integral o restringida, según sea la delimitación del ámbito estudiado. Una de sus características distintivas es que frente a un tema nuevo, poco teorizado, ofrece la posibilidad de reducir la explosión combinatoria de los posibles factores intervinientes.

Con referencia a la ciencia objetiva, ésta se sustenta en una lógica binaria que demarca dicotomías como objeto o sujeto, existencia o su ausencia, designado o no-designado. Se trata de un universo objetivo que admite una sola negación, denominado ‘monocontextura’. En cambio la lógica transcursiva es un lenguaje que admite más de una negación, hecho que permite justificar la distribución simultánea de varios sistemas binarios en múltiples contexturas. Cada una de estas últimas surge de aplicar negaciones sucesivas, permitiendo así los siguientes valores lógicos: las contexturas del objeto, el sujeto y lo subjetivo. De esta manera, cada negación produce un desplazamiento a la contextura sucesiva, siguiendo un ciclo de transformaciones que mejoran la nitidez del fenómeno estudiado (Salatino: 2009, 44-45).

Es pertinente señalar, que la *lógica transcursiva* dispone de una biblioteca de *patrones autónomos universales* (*pau*$_S$), para analizar fenómenos diversos, considerándolos como si fueran sistemas. Estas estructuras relacionales están conformadas siempre por los mismos elementos genéricos y fundamentales, y en

cada tipo sólo varía la secuencia de sus relaciones para realizar las transformaciones (Salatino: 2013, 198; 2019, 52-73). Hay que destacar que estos instrumentos permiten elaborar teorías, modelos y metodologías, promoviendo la inventiva y alentando la creatividad.

4. Organización Creadora de Conocimiento de Nonaka y Takeuchi

Por lo general, las empresas o las facultades con tradición de investigar y publicar tienen equipos que aseguran la continuidad de la investigación en el tiempo. Sin embargo, aquellas instituciones que no la tienen e intentan iniciarla, pueden encontrar en la teoría de Nonaka y Takeuchi elementos que ayuden a formar equipos de investigación. En efecto, en su libro *La Organización Creadora de Conocimiento* (1995), estos autores plantean cómo el conocimiento que elaboran los individuos se puede transformar en el de una organización.

Existe un punto de vista que explica que las organizaciones funcionan procesando la información del entorno externo, para adaptarse a nuevas circunstancias. Esta visión es eficaz para describir cómo funcionan las organizaciones, pero no explica nada sobre la innovación. Para los autores referidos, las organizaciones innovan para adaptase a un entorno cambiante, para ello toman información del exterior y la procesan para resolver los problemas existentes. Pero además, elaboran información del interior hacia afuera, creando nuevos conocimientos, que redefinen tanto los problemas como las soluciones, recreando en ese proceso su entorno (Nonaka *et al.*: 1995, 56).

Precisando un poco más, los autores utilizan la distinción de Michael Polanyi de conocimiento explícito y tácito. El

primero puede ser expresado en el lenguaje, con afirmaciones gramaticales, expresiones matemáticas, especificaciones y otras formas expresivas, que permiten transmitirlo fácilmente entre las personas. En cambio el segundo, el conocimiento tácito, es difícil de articular con el lenguaje convencional, porque se trata de un conocimiento personal imbricado con las experiencias individuales. Estas últimas involucran factores intangibles como las creencias personales, la perspectiva del mundo y el sistema de valores que cada individuo acepta para sí mismo. Se trata de un aspecto crítico del comportamiento humano que fue soslayado y que pasó a ser un factor importante de competitividad en las empresas japonesas, cuando se lo tuvo en cuenta (Nonaka *et al.*: 1995, 59, 60).

Todo proceso de creación de conocimiento se constituye cuando interactúan entre sí los conocimientos tácito y explícito. Ambos tipos se complementan en iteraciones que se repiten con algunas variaciones, que forman una espiral. Este último aspecto es clave para que una institución pueda crear conocimiento. Para las tendencias dominantes, el agente principal es el individuo, que posee y procesa el conocimiento. En cambio, en esta teoría el individuo interactúa con la organización a través del conocimiento.

La creación de este último se produce en tres niveles: el individuo, el grupo y el nivel organizativo. Cabe agregar, que en todos los niveles intervienen información y conocimiento, conceptos que tienen semejanzas y diferencias. Se asemejan en que ambos tienen un significado y son específicos del contexto y las relaciones. Sin embargo, la información es un flujo de mensajes, mientras que el conocimiento es la organización de ese mismo flujo, anclado en las

creencias y compromisos que están arraigados en los sistemas de valores de los individuos. Por ese motivo, el conocimiento queda en función de una perspectiva o de intenciones particulares y además, se refiere a la acción, atributos que la información no tiene.

Según se indicó, información y conocimiento se establecen dinámicamente cuando las personas interactúan socialmente y, por ser específicos del contexto y relacionales, dependen de la situación. Eso significa que las personas interactúan compartiendo información, en un determinado contexto histórico y social. En consecuencia construyen el conocimiento social como una realidad, y ésta a su vez influye en su propio juicio, comportamiento y actitud. De modo similar, la propuesta institucional y el entorno con los que interaccionan sus miembros influye en la estructura de conocimiento de estos, lo que a su vez afecta su comportamiento dentro de la institución. Por ese motivo, propuesta y entorno no pueden presentarse de manera confusa (Nonaka *et al.*: 1995, 58, 59).

Ahora bien, la creación de conocimiento en una organización depende, por una parte, de las formas de interacción del conocimiento y de los niveles donde se crea el conocimiento; por otra, de interacciones que se dan entre los conocimientos tácito y el explícito, y entre el individuo y la organización. Eso origina cuatro transformaciones, que en conjunto crean conocimiento: 1) de tácito a explícito; 2) de explícito a explícito; 3) de explícito a tácito; y 4) de tácito a tácito. Hay que agregar, que la teoría estipula un modelo genérico de creación de conocimiento organizacional, analizando empresas japonesas como casos representativos, por haberse vuelto competitivas en poco tiempo (Nonaka *et al.*: 1995, 62).

El problema de generar conocimiento organizacional se centra en comprender cómo se transmite el conocimiento de los individuos a los grupos de trabajo, y de estos a la organización, por medio de la visión que propone la misma organización. En efecto, para que ocurra ese proceso la institución debe proveer un contexto apropiado que facilite las actividades grupales y la elaboración y acumulación de conocimiento en el nivel individual. Para materializar ese concepto se necesitan cinco condiciones que posibilitan la espiral de conocimiento: *intención*, *autonomía*, *fluctuación y caos creativo*, *redundancia* y *variedad de requisitos* (Nonaka *et al.*: 1995, 74-83).

i) La *intención* propone que se logren las metas de la institución. Para ello, esta última debe expresar su intención organizacional, planteándola a sus empleados. Para consumar la intención debe existir una estrategia corporativa sobre el tipo de conocimiento a desarrollar para alcanzarla.

ii) La *autonomía* posibilita que sus individuos y equipos actúen de forma autónoma, para impulsar la generación de nuevas ideas y concebir nuevas oportunidades. De ese modo, los miembros de la institución se motivan para generar nuevo conocimiento.

iii) La *fluctuación* y el *caos creativo* propician la interacción entre sus integrantes y el ambiente externo, estimulando nuevas perspectivas de cómo hacer cosas que mejoren las rutinas, los hábitos y las limitaciones que se auto imponen los equipos de trabajo.

iv) La *redundancia* introduce los diferentes puntos de vista de las personas que conforman los equipos de trabajo y hace que compartan y combinen conocimientos tácitos, estableciendo conceptos e ideas más robustas,

generando así nuevas posibilidades. La redundancia se puede realizar a través de una rotación estratégica de personal, entre áreas distintas y también organizando ‘comunidades de conocimiento’ o ‘portales del conocimiento’.

Cabe aclarar, que una ‘comunidad de conocimiento’ es un grupo de personas que comparten información, ideas, experiencias y herramientas sobre un área de interés común. Además, el grupo aporta valor, afirma la confianza, propone una misión y una manera común de hacer las cosas. Mientras que un ‘portal del conocimiento’ es un instrumento que facilita los procesos de gestión del conocimiento de una organización moderna, para aumentar la productividad de sus colaboradores.

v) La *variedad de requisitos* permite enfrentar a los desafíos establecidos por el ambiente interno y externo de la institución y puede promoverse combinado la información de manera distinta, flexible, rápida y distribuyendo la información en todas las secciones de la organización por igual. Para maximizar esta cualidad, todas las personas de la organización deben contar con un acceso rápido a toda la información requerida en un momento dado, sin mayores restricciones.

Como se puede observar, los factores señalados enfatizan la importancia del cambio en la cultura organizacional, porque determina la posibilidad de que el aprendizaje sea parte del proceder diario de sus integrantes.

5. La espiral del conocimiento:

En este punto se aplica la lógica transcursiva a la teoría de Nonaka y Takeuchi sobre la organización creadora de conocimiento.

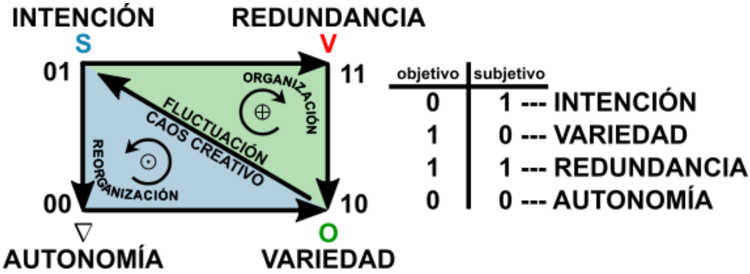


Figura 1 PAU estructural del conocimiento

Referencias: S: sujeto – O: objeto – V: transformación aparente

∇: transformación no aparente - ⊕: XOR - ⊗: XNOR

Como sugiere la figura precedente, la intención de conocer del individuo (como sujeto social), debe tener la posibilidad de acceder a una variedad de requisitos, mediante la redundancia. Esta perspectiva define una organización.

Por lo general, no es posible adquirir un conocimiento óptimo en primera instancia. Por ese motivo, se deben hacer ajustes, algunos por cuestiones no resueltas, y otros por asuntos que han recibido más atención de la debida.

Estas fluctuaciones hacen que una organización requiera tiempo para desarrollarse. Pero, si lo que se pretende es que evolucione adaptándose a las circunstancias que les impone el entorno, es imprescindible lograr una autonomía que posibilite la generación de nuevo conocimiento, dicho brevemente, que permita “evolucionar”.

Una autonomía tal se logra invocando el "caos creativo", esto es, desbaratando transitoriamente todo lo adquirido y luego reorganizarlo hasta que surja un nivel de mayor complejidad en la organización, representado por un nuevo conocimiento que puede ser proyectado en su seno, si se adapta a las nuevas exigencias.

De la forma en que se describen las interrelaciones estructurales que mantienen los elementos fundamentales que sustentan una comunidad de conocimiento es como conforman un "grupo de Galois", o lo que es lo mismo, un patrón relacional (PAU) (Salatino, 2017) de los aspectos básicos que determinan el conocimiento.

6. Creación del conocimiento

Polanyi (1959; 1965) definió el *conocimiento tácito*, cuya estructura caracterizó como: funcional, semántica y fenoménica, propia del sujeto. Lo distingue del conocimiento obtenido a través de las inferencias lógicas de naturaleza explícita, propio de las organizaciones. Mientras, en el conocimiento explícito las inferencias son formales, en el conocimiento tácito son informales y no se obtienen por deducción, sino por integración.

Cabe agregar, que Piaget distinguió entre el acto sensorio motor y una inferencia explícita. Esta última es reversible, ya que podemos ir hacia atrás, es decir, hacia las premisas, o bien hacia adelante, y llegar a la conclusión. Pero, en un acto sensorio motor no se puede hacer lo mismo. Algo similar ocurre con el conocimiento tácito, según Polanyi, una vez que se conoce algo, no se puede regresar al anterior estado de ignorancia y asegurar que ya no se lo conoce.

La lógica transcursiva (LT), de alguna manera, coincide en sus apreciaciones con la propuesta de Polanyi ya que

para ella, lo “tácito” estaría relacionado al sujeto, o mejor, a su comportamiento. En cambio, lo “explícito” lo estaría con el objeto, o más bien, con la conducta del sujeto en una organización. Tomando como guía el enfoque que realizan Nonaka & Takeuchi (1995) sobre la creación del conocimiento, que lo consideran como una interacción entre el conocimiento explícito y el conocimiento tácito, se puede postular una visión algo distinta del problema, ya que para la LT ninguno de los dos tipos de conocimiento es de naturaleza inferencial, sino como una estrategia que determina una especie de equilibrio entre lo individual y lo social (Figura 2).

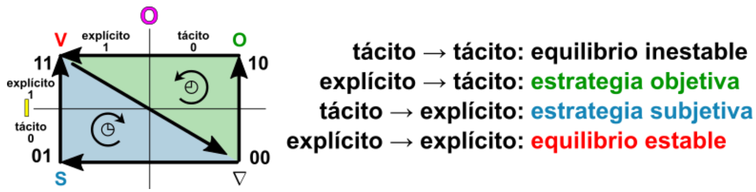


Figura 2 PAU funcional de la creación del conocimiento

Referencias: O: organización – I: individuo – s: sujeto – o: objeto

v: equilibrio estable - ∇: equilibrio inestable; ↫: ⊕⊗ - ↬: ⊗⊕

Los autores japoneses postulan que existirían cuatro tipos de conversión de conocimiento, dada la interacción entre el conocimiento tácito y el explícito:

a) *Socialización* (desde el tácito al tácito - 00): lo describen como un proceso de compartir experiencias y, por lo tanto, crear conocimiento tácito como habilidades técnicas y modelos mentales compartidos. En LT, en cambio, esta situación (no proceso) se da porque surge

un “equilibrio inestable” dado que, precisamente, el conocimiento individual (tácito) o subjetivo no lo comparte el sujeto cuando depende de su comportamiento, o sea, cuando actúa como sujeto individual, o como sujeto social en el seno de una organización. El sujeto aquí, responde a un patrón social, que se evidencia en la comunidad del discurso, como la figura social de *indiferencia*. Esto es, coexistencia sin influencia mutua de dos polos de intereses lo que genera dos “recorridos discursivos” paralelos que solo se contactan a nivel superficial, sin interferirse (Salatino: 2012, 133).

b) *Internalización* (desde el explícito al tácito – 10): lo describen como un proceso de incorporación del conocimiento explícito en el conocimiento tácito. Según los autores nipones, está estrechamente relacionado con “aprender haciendo”. Cuando, a través de la socialización, exteriorización y combinación, las experiencias continúan y se internalizan en las bases del conocimiento tácito de los individuos, en forma de conocimientos técnicos y modelos mentales compartidos, se convierten en valiosos activos.

Desde la LT, se observa a esta situación como el surgir de una “estrategia objetiva”, es decir, como una imposición que ejerce la conducta del sujeto social mediante el conocimiento explícito, al conocimiento tácito de ese mismo sujeto, sometido en su comportamiento. Aparece la figura social de *sumisión*, determinado por la coexistencia de dos polos de intereses, en donde uno de ellos (la organización) predomina por tener intacta su capacidad de adaptación. (Salatino: 2012, 135).

c) *Externalización* (desde el tácito al explícito – 01): es descrito como un proceso de articulación del

conocimiento tácito en conceptos explícitos. Los autores nipones dicen que es un proceso de creación de conocimiento por excelencia, en el que el conocimiento tácito se vuelve explícito, tomando la forma de metáfora, analogías, conceptos, hipótesis o modelos.

Para la LT, por su parte, considera esta situación como el surgimiento de una "estrategia subjetiva" en donde prima, como generador de conflicto, el comportamiento individual. Se pone en juego, en esta oportunidad, la figura social de *conflicto/evasión* al darse la confrontación de dos polos de intereses para saldar una carencia a través de un mismo objeto. El conflicto perturba el estado de desequilibrio estable que asegura un determinado grado de crecimiento y desarrollo de la organización, provocando fluctuaciones fuera de control que obligan a los participantes del sistema a optar. Uno de ellos, terminará por quitarle preponderancia al contrincante ocasional, transformándose en dominador de la situación, quedando el otro como dominado, o lo que es peor, desapareciendo definitivamente de la situación discursiva que conduce al conocimiento (Salatino: 2012, 134).

d) *Combinación* (desde el explícito al explícito – 11): Según los autores consultados, este es un proceso de sistematización de conceptos en un sistema de conocimiento. Implica combinar diferentes cuerpos de conocimiento explícito. De esta forma, se reconfigura la información existente, con la intención de reconducirla hacia la aparición de nuevos conocimientos. La LT coincide, en lo esencial, con esta situación a la que caracteriza como un "equilibrio estable" que permite, como figura social, el acuerdo o la coexistencia con influencia mutua de dos polos de intereses que tienen elementos en común que los reúne, y elementos

distintivos que son adaptados, por ambas partes, para permitir el “encaje” de los dos recorridos discursivos que aportan al nuevo conocimiento (Nonaka & Takeuchi: 1995).

Tal como sugiere la Figura 2, la situación de “equilibrio estable” implica que cada uno de los actores de la comunidad de conocimiento (organización e individuo), ha optado por su mejor estrategia, sin desconocer la estrategia del otro. Pero, si se considera que una organización está dada en función de una particular interrelación de individuos, no sería de extrañar que alguno de los dos actores principales en este escenario (o ambos) decida actuar, nuevamente, por su propia cuenta adoptando una estrategia distinta, sin tener en cuenta la estrategia de la otra parte, volviendo a sumir al sistema en un estado de “equilibrio inestable”, en donde, el más perjudicado será el que decida cambiar primero.

Resultados del trabajo

Los resultados obtenidos en este trabajo de caracterización de teorías referidas al sujeto y a la organización donde se desempeñan se detallan a continuación.

La teoría de los tres mundos del conocimiento de Popper, advierte que entre los investigadores y el mundo 3 de las ideas objetivas se establecen relaciones recursivas que determinan la comprensión. El mundo 3 nace y se acrecienta con las expresiones del lenguaje, y actualmente se accede de inmediato a él, gracias a los servicios de Internet. También se encontró que no existen datos que representen hechos puros, ya que estos son siempre interpretaciones a la luz de teorías. De allí la importancia de disponer de estas últimas en cualquier actividad científica y, si no hubiese una, sería

menester proponerla. El acto subjetivo de ‘comprender’ sólo se entiende mediante sus conexiones con los objetos del mundo 3.

La teoría de Michael Polanyi sobre los conocimientos explícito y tácito, el primero expresado en lenguajes simbólicos, el segundo fundado en experiencias individuales y otros factores intangibles del nivel prearticulado, se determinó que para producir conocimiento hay que revisar el marco articulado existente. Este hecho implica salir de él para realizar un tipo de reorientación profunda, que el hombre comparte con los animales.

Además, se encontró que la superioridad intelectual del hombre sobre el animal se debe al uso de símbolos, mientras que el uso de los mismos, así como la reflexión y la acumulación sobre ellos son procesos tácitos y críticos. La capacidad de la mente para corresponderse con la realidad y la pasión intelectual para lograrlo son suficientes para guiar el juicio personal hacia la verdad. En ese sentido, la comprensión que vincula partes inconexas en un todo integrado es la manifestación evidente del conocimiento tácito.

También se descubrió que la Lógica Transcursiva de Dante Salatino, es un instrumento pertinente para hacer ciencia, ya que permite construir teorías, modelos y metodologías. Se trata de un método complementario para investigar que considera el punto de vista del observador, que sin duda puede potenciar la producción de los investigadores. El mismo prescinde de cualquier marco de referencia para observar la realidad. Este hecho permite acoplar los aspectos subjetivos y objetivos de esa realidad, en forma integral o restringida, de acuerdo con la delimitación que se efectúe. Es particularmente apropiado para enfrentar temas nuevos,

poco teorizados, porque reduce la explosión combinatoria de los factores intervinientes posibles.

Con referencia a la teoría de Nonaka y Takeuchi sobre la organización creadora de conocimiento utiliza la distinción de Polanyi entre conocimiento explícito y tácito. Se halló que esta teoría explica cómo el conocimiento de los individuos se transforma en el de una organización. Por ese motivo, proporciona lineamientos para organizar equipos de investigación e iniciar una tradición de investigación en una organización empresarial o académica.

Las organizaciones se adaptan a un entorno cambiante innovando. Toman información del exterior y la procesan para resolver los problemas existentes y elaboran información del interior hacia afuera, creando nuevos conocimientos. En los enfoques predominantes, el individuo posee y procesa el conocimiento, mientras que en esta teoría el sujeto interactúa con la organización a través del conocimiento, que se produce en tres niveles: el individuo, el grupo y el nivel organizativo.

Se determinó también que la teoría Polanyi establece un nexo entre la lógica transcursiva y la teoría de Nonaka y Takeuchi. En ese sentido, se realizó una interpretación de esta última con la metodología de la Lógica Transcursiva.

Discusión y Conclusiones

De acuerdo con el punto de vista del autor de este trabajo, las teorías presentadas permiten valorar el desempeño de quién investiga, y a la vez, comprender como funcionan los aspectos subjetivos que conducen a la producción de un conocimiento.

La de los tres mundos relaciona el conocimiento objetivo con cada investigador, ya que éste forma sus ideas a

partir de otras que se encuentran en los repertorios del mundo 3. Este hecho subraya la importancia de una formación sólida y amplia.

Los objetos producidos investigando, sean textos o artefactos, vuelven a integrarse al mundo 3, acrecentándolo.

Para producir conocimiento hay que reorganizar el marco del conocimiento articulado en base a las experiencias personales que residen en el conocimiento tácito

El lenguaje articulado y el uso de símbolos determinan la superioridad intelectual del hombre sobre animales. En cambio, el uso, la reflexión y la acumulación de los mismos son procesos tácitos y críticos.

La comprensión que integra en un todo partes inconexas resulta de la actividad del conocimiento tácito.

La Lógica Transcursiva pone en valor el sujeto que investiga al unirlo con el objeto estudiado y potencia su producción intelectual.

La teoría de la organización creadora de conocimiento propone cómo organizar equipos de investigación e iniciar una tradición de investigación en una organización empresarial o académica, ya que explica cómo el conocimiento individual se transforma en el de una organización.

Las cuatro teorías presentadas proporcionan elementos suficientes para organizar un plan institucional que desarrolle o fortalezca la investigación. Las mismas proporcionan las pautas a tener en cuenta para el desarrollo individual, grupal y organizacional y pueden generar una tradición que se iría consolidando con el tiempo.

Referencias

Bochenski, Joseph. (1976). *Los métodos actuales del pensamiento*. 11ª ed. Madrid: Rialp.

Nonaka, Ikujirō; Takeuchi, Hirotaka. (1995). *The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation.* Oxford University Press.

Polanyi, Michael (1959). *The study of man.* University College of North Staffordshire. First Phoenix Edition.

_____. (1965). *The Structure of Consciousness*. Brain, Vol. 88, Part. IV, pp. 799-810.

Popper, Karl (1980 [1934]). *La Lógica de la Investigación Científica*. Madrid: Tecnos.

_____. (1974 [1972]). *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*. (*Objective Knowledge* [1972]). Madrid.

Salatino, Dante R. (2019). "Fundamentals of a new research method". En: *Inter. J. Res. Methodol. Soc. Sci.* Vol. 5, No. 1: pp. 52-73. (Jan. – Mar. 2019); ISSN: 2415-0371.

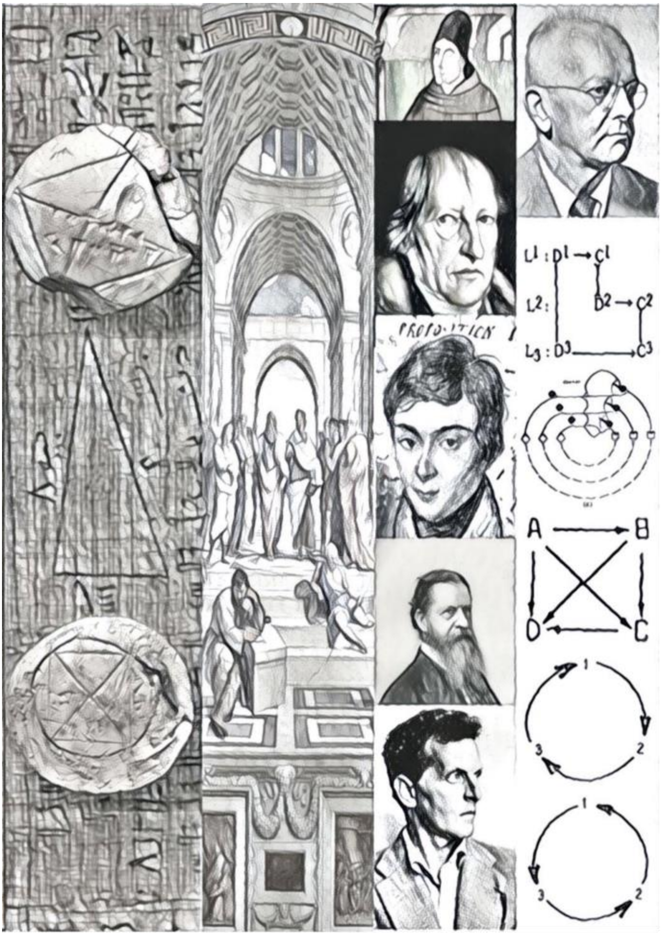
_____. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. Origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva*. Autoedición, Mendoza Argentina. ISBN: 978-987-42-5099-5.

_____. (2013). *Psiquis – Estructura y función*. Mendoza, Argentina: Autoedición

_____. (2009). *Semiótica de los sistemas reales.* Tesis Doctoral en Letras. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Nonaka, Ikujiro; Takeuchi, Hirotaka (1995). *The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford University Press.

***



SECCIÓN 2

Aplicaciones Científicas de la Lógica Transcursiva

3. PROGRAMA PSIQUIS – Proyecto II: Neurona (Primera parte)

Dante Roberto Salatino[9]

Resumen: El propósito de este trabajo fue desarrollar la primera parte del segundo proyecto del Programa Psiquis. En esta oportunidad, lo que se pretendió fue sentar las bases teóricas del funcionamiento de una neurona artificial única, para luego, en una segunda parte, proceder a su ensamble práctico, con otras con las mismas características para generar un Psicocito (o célula psíquica) que es la unidad funcional y operativa del aparato psíquico propuesta por la Lógica Transcursiva. Siguiendo sus lineamientos, se pudo emular el funcionamiento de una neurona natural desde el punto de vista eléctrico, mediante el uso de un software profesional (Electron®), para generar los circuitos respectivos que luego, en una segunda etapa, serán probados en una plataforma Arduino®. En esta oportunidad, luego de mostrar la existencia de sistemas naturales (amebas, hongos) que evidencian un comportamiento similar, se demuestra que cualquier neurona es a la vez, un resonador (porque puede generar ondas de una frecuencia determinada como también, seleccionar frecuencias específicas de una señal); es una unidad de aprendizaje (ya que la frecuencia es memorizada para servir a dos propósitos. Por un lado, para identificar el sistema real (biológico, psíquico o sociocultural) desde dónde viene el estímulo, y por otro, para saber en qué sistema se debe proyectar la respuesta, que obviamente es el mismo; y por último, es un sistema memristivo, es decir, con memoria, y que esta facultad de poder "retener" una historia, la ejerce sin consumir energía, lo cual aproxima aún más este desarrollo a la eficiencia que muestra nuestro cerebro, encaminando esta investigación hacia un posible cambio del paradigma actual de las neurociencias.

Palabras claves: Inteligencia Artificial, Estructura y función psíquicas, Neurobiología, Neurociencia, Lógica Transcursiva.

---

[9] UNCuyo. DOI: 10.5281/zenodo.4732255

1.0. INTRODUCCIÓN

El aparato psíquico que estamos planteando, y que justificamos en los aspectos neuro-electrofisiológicos del cerebro, tiene como principal fundamento la posibilidad de reconocer "patrones periódicos de cambio", que se dan en el entorno en donde se desenvuelve. Esto es posible, según la teoría defendida en este trabajo (Salatino, 2013), debido a la presencia de ubicuos osciladores biológicos, que, mediante una determinada frecuencia natural de oscilación pueden entrar en resonancia con los patrones que se dan en el exterior.

Lo anterior, permite que su poseedor pueda aprender, conocer y comprender, para crecer, desarrollarse y evolucionar adaptándose a un medio cambiante.

Los estímulos externos ponen en funcionamiento uno o más de los osciladores naturales que poseemos, lo que nos permiten reconocer los patrones y predecir eventos.

Es importante destacar que no solo las oscilaciones son determinantes a la hora de conseguir un adecuado funcionamiento de la psiquis, sino también, los cambios que ocurren durante un periodo finito de tiempo, y que dependen del estado previo del sistema. La importancia de esto radica en que, más que una activación de los osciladores biológicos, produce un "efecto memoria" que nos posibilita evolucionar y no solo sobrevivir.

Estos sofisticados mecanismos que dan sustento al funcionamiento de nuestro aparato psíquico, pueden comprobarse en una simple neurona, y es sobre lo que vamos a tratar en este artículo.

2.0. ANTECEDENTES BIOLÓGICOS

Un comportamiento como el que hemos esbozado no es patrimonio exclusivo del hombre, sino que se puede observar en otros seres vivos. Solo a modo de ejemplo, analizaremos el caso de la ameba *Physarum polycephalum* (Figura 1).

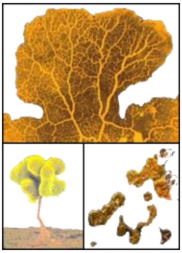


Figura 1 *Physarum polycephalum* (distintos estadios)

Este organismo microscópico, unicelular, que tiene una apariencia cambiante entre moho y ameba, se caracteriza por huir de la luz y por engullir todo lo que encuentra a su paso, cuando está en su fase de alimentación. Inclusive, si detecta fuentes de alimentación dispersas, tiene la curiosa habilidad de producir microtúbulos que las conectan, resolviendo así de modo natural, el problema de encontrar el camino más corto entre dos puntos.

Además, posee mecanismos que dependen del estado del sistema y de su historia dinámica, dando lugar a una respuesta de “memoria” (Pershin et al., 2009). Esta ameba contiene en su interior una solución *sol-gel*. El *gel*, presente en el *ectoplasma*[10] es más denso, mientras que el *sol*, más líquido, se encuentra en el *endoplasma*[11]. Este *sol-gel* es un líquido *tixotrópico*[12], es

[10] Región periférica de una célula, que se encuentra debajo de la membrana plasmática.
[11] Parte del citoplasma celular que se encuentra próxima al núcleo.

decir, puede cambiar su viscosidad en función de la presión, lo cual le permite emitir *seudópodos*[13] para desplazarse y capturar su alimento, cuando comprime su citoplasma mediante las pequeñas fibras musculares que lo rodean.

El mecanismo anterior, esto es, el generar canales de menor resistencia para desplazarse, se dispara cuando la temperatura y la humedad externa al organismo cambian, transformando el flujo del *sol* de una manera no lineal. La restauración del estado inicial, cuando las condiciones ambientales se restablecen, tarda un tiempo que depende del número y forma de los canales de baja viscosidad formados. Esto representa, sin más, un "mecanismo de memoria", en donde, la variación de un parámetro externo, o bien crea un canal nuevo o modifica alguno existente, alterando su "resistencia" de manera no lineal.

Cuando la *Physarum* fue expuesta a condiciones desfavorables, representadas por tres choques térmicos consecutivos a intervalos regulares (Saigusa, 2008), redujo su velocidad de locomoción en respuesta a cada episodio. Cuando fue puesta, posteriormente, en condiciones favorables, redujo en forma espontánea su velocidad de desplazamiento ante la presencia de un solo episodio desfavorable, lo cual implica la anticipación de un cambio ambiental inminente, mediante un "mecanismo de memoria".

3.0. LA NEURONA COMO RESONADOR

---

[12] La *tixotropía* es propia de los líquidos no newtonianos, o sea, aquellos que cambian su viscosidad con el tiempo. Por ejemplo, cuanto más se los somete a una presión, más disminuye su viscosidad.

[13] (Falso pie): Prolongación del citoplasma de algunos organismos unicelulares.

Un resonador se utiliza tanto para generar ondas de una frecuencia determinada como para seleccionar frecuencias específicas de una señal. En un trabajo anterior (Salatino y Puglesi, 2018a) definimos la neurona, desde el punto de vista eléctrico, como un resonador que captura ciertas frecuencias del ambiente, pero que a la vez, sincroniza el disparo de su respuesta, con la frecuencia natural del sistema real[14] percibido.

Las tareas detalladas se llevarían a cabo mediante la combinación de tres supuestos elementos eléctricos pasivos (que disipan o almacenan energía) como son: el *resistor*, el *capacitor* y el *inductor*. Pero, si agregamos un supuesto cuarto elemento eléctrico fundamental, como lo es el *memristor*, entonces, la neurona adquiere una capacidad de memoria, que le permite almacenar en su sinapsis, para recordarla luego, la frecuencia, o lo que es lo mismo, el sistema real percibido que generó el aprendizaje, como también, "saber" en qué sistema real debe ser proyectada la respuesta; todo esto expresado en un valor específico de resistencia (Figura 2).

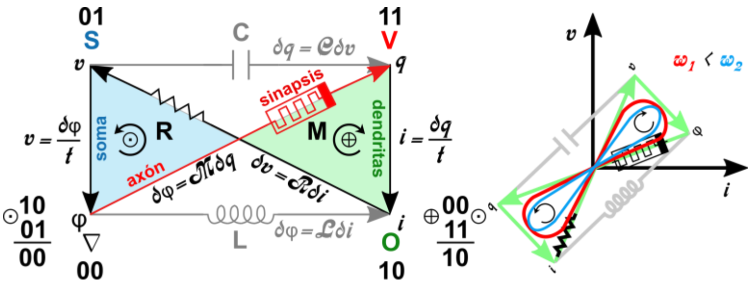


Figura 2 PAU RESONADOR

[14] Sistemas reales: *Sistema bio-externo(80Hz)* (lo que tiene que ver con la vida y nuestro cuerpo). *Sistema psico-interno(40Hz)* (lo que tiene que ver con nuestra relación con el entorno inmediato). *Sistema sociocultural(20Hz)* (lo que tiene que ver con nuestra vida de relación con los demás).

Referencias: C: capacitor – L: inductor – R: resistor
M: memristor – *v*: voltaje – *i*: corriente – *q*: carga - φ: flujo
S: sujeto – O: sistema bio-externo – V: sistema sociocultural
∇: sistema psico-interno - ω: frecuencia - ⊕: XOR - ⊙: XNOR

De acuerdo con la propuesta anterior, podríamos decir que una neurona estaría compuesta desde el punto de vista eléctrico, por un oscilador acoplado a una resistencia con memoria. Veremos a continuación las potencialidades que posee esta configuración con sus posibles variantes, y cómo es posible que una neurona se convierta en la unidad de aprendizaje del aparato psíquico.

4.0. LA NEURONA COMO UNIDAD DE APRENDIZAJE

Hay una equivalencia directa entre el proceso biológico de aprendizaje registrado en una célula, como ya vimos, y el circuito eléctrico propuesto. Las oscilaciones naturales están representadas por la parte del circuito formada por L (inductor) y C (capacitor), que constituye, *per se*, un oscilador. La resistencia común (R) indica que hay dentro de la célula cierta disipación de energía, y además, que la señal no puede viajar en forma instantánea ni en forma indefinida. Finalmente, la resistencia con memoria (M) o memristor, retiene la frecuencia por la que fue alcanzada la célula, y lo hace a través de un valor de resistencia. Esa frecuencia memorizada sirve a dos propósitos. Por un lado, para identificar el sistema real desde dónde viene el estímulo, y por otro, para saber en qué sistema se debe proyectar la respuesta, que obviamente, es el mismo. Las condiciones ambientales en las que se desenvuelve la neurona son emuladas mediante el voltaje aplicado desde afuera, mientras que, la capacidad de respuesta, es decir, tanto la velocidad con que responde como la

especificidad con que lo hace, está emulada por el voltaje que maneja el memristor, esto es, la sinapsis o conexión con otra neurona (Figura 3).

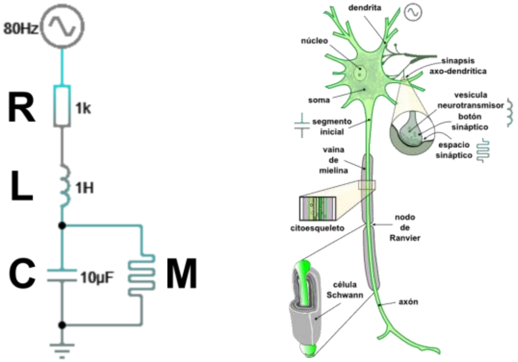


Figura 3 NEURONA
Referencias: 80Hz: frecuencia estimulación – R: resistor
L: inductor – C: capacitor – M: memristor

En el circuito anterior están representados los elementos constitutivos de una célula neuronal. El generador de ondas representa las dendritas, es decir, los estímulos entrantes. El capacitor (C), el soma, específicamente, el segmento inicial donde se produce el disparo del potencial de acción. El inductor (L), el botón sináptico, donde se libera el neurotransmisor, y, el memristor (M), la sinapsis propiamente dicha, en donde se “almacena” la frecuencia (mediante un valor de resistencia) con que la neurona está siendo estimulada, información que le dice de qué sistema real le está llegando el estímulo, y a qué sistema real tiene que enviar la respuesta, una vez que sea elaborada.

5.0. LA NEURONA COMO SISTEMA MEMRISTIVO

La sugerencia de que en la neurona existen elementos que son capaces de almacenar información sin la necesidad de consumir energía, representa un verdadero cambio de paradigma en la neurociencia. Además, como la información que maneja abarca un rango variable y continuo, desestimaría que el funcionamiento neurológico, y principalmente del cerebro, fuera digital como lo sugieren las neurociencias actuales. Un mecanismo tal, justifica tanto el comportamiento adaptativo y espontáneo del aparato psíquico que venimos promoviendo desde la LT, como así también, cómo es que se lleva adelante el aprendizaje, o cómo se opera la puerta de entrada al conocimiento.

Un sistema memristivo es aquel elemento eléctrico de naturaleza pasiva que tiene la posibilidad de establecer una interrelación entre la carga y el flujo, que no necesariamente debe ser interpretado como magnético, y en donde, la resistencia depende del estado interno del sistema, es decir, de su historia. Hay varios sistemas como éste. Solo a modo de ejemplo, podemos mencionar aquellos en los que su resistencia eléctrica depende de la temperatura; otros, en donde la resistencia varía de acuerdo con los cambios de su estructura atómica; o, donde el movimiento iónico determina la resistencia cuando el sistema es atravesado por una carga. Hay autores que sugieren (Di Ventra et al., 2009) este tipo de “memoria”, no solo se limita a las resistencias, sino que pueden generalizarse a otros elementos pasivos, como los capacitores y los inductores.

Podríamos decir, en forma muy general que, si *x* denota un conjunto de *n* estados variables que describen el

estado interno del sistema analizado, y que *u(t)* e *y(t)* son un par cualesquiera de variables complementarias (tensión-corriente, carga-flujo), que denotan la entrada y la salida del sistema, mientras que *g* es una respuesta general, un sistema memristivo respondería a la expresión 1, siendo 2 una posible solución que nos hablará de su historia o devenir (Figura 4).

$$y(t) = g(x, u, t)u(t) \qquad (1)$$

$$\dot{x} = f(x, u, t) \qquad (2)$$

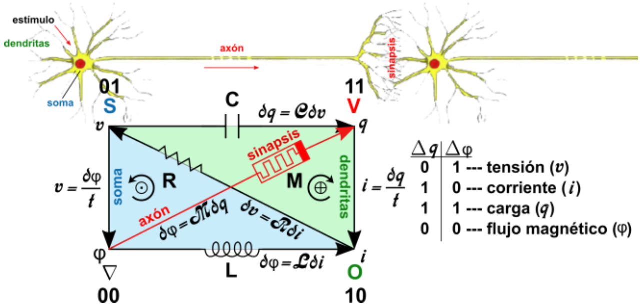


Figura 4 PAU NEURONAL

Referencias: C: capacitor – R: resistor – L: inductor - M: memristor

Δ: variación – S: sujeto – O: sistema bio-externo (80Hz)

V: sistema sociocultural (20Hz) - ∇: sistema psico-interno (40 Hz)

⊕: XOR - ⊙: XNOR

La Figura 4 plantea la emulación del funcionamiento eléctrico de una neurona tipo, desde el punto de vista conceptual. Distinto es el caso, cuando se intenta llevar este funcionamiento a la práctica. El circuito de la Figura 5 emula muy aproximadamente el funcionamiento neuronal normal.

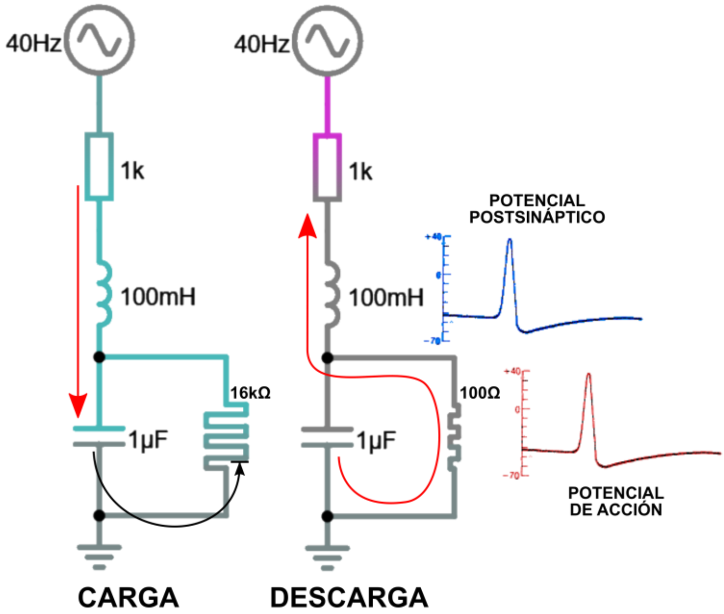


Figura 5 EMULACIÓN DE LOS PROCESOS ELÉCTRICO Y QUÍMICO DE UNA NEURONA

En la Figura 5 vemos dos estados internos distintos de la misma neurona. Por un lado, los estímulos entrantes van cargando el soma (representado en CARGA, por el condensador), positiva o negativamente, dependiendo si es una neurona excitatoria o inhibitoria. Durante este proceso, el memristor muestra un valor de resistencia máximo (16kΩ), impidiendo así, que la corriente se derive por el circuito paralelo.

Alcanzado cierto umbral (carga máxima del capacitor – segmento inicial en Figura 3), el memristor pasa a su nivel de resistencia mínimo (100Ω), permitiendo que el capacitor se descargue bruscamente, produciendo el *potencial de acción*, que viajará por el axón, rumbo al

botón sináptico. Cuando llega allí, abre los canales de Ca^{++} operados por voltaje. El ingreso de Ca^{++}, a su vez, abre las vesículas que contienen el neurotransmisor específico, y lo vuelca al espacio sináptico (aspecto representado por el inductor). Cuando el neurotransmisor alcanza la neurona postsináptica, genera un potencial idéntico (sin pérdidas) al recibido. De esta forma, un proceso eléctrico se transforma en un proceso químico, para luego regenerar el mismo proceso eléctrico en otra neurona, secuencia que es perfectamente emulada por el circuito presentado (Figura 6).

En la figura que sigue se observan los registros del oscilador (estímulos que ingresan por las dendritas), la descarga del potencial de acción (segmento inicial – condensador), la descarga del neurotransmisor (botón sináptico – inductor), y las variaciones de la resistencia que se producen en el memristor, emulando la sinapsis, en donde se "memoriza" la frecuencia con que fue "impactada" la neurona, que no es otra cosa que un indicador de cuál es el sistema real involucrado, y en dónde se debe proyectar la respuesta.

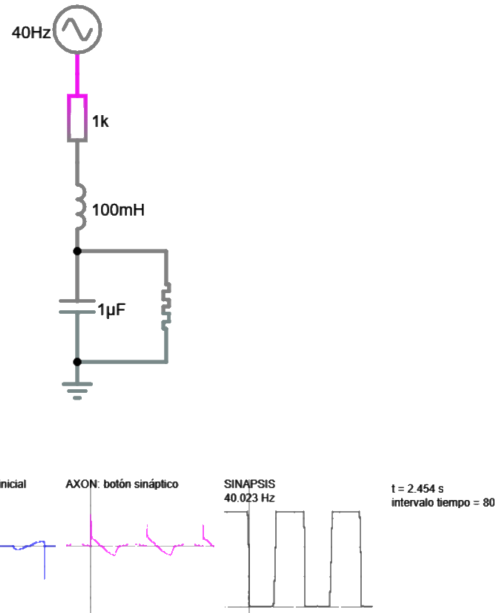


Figura 6 REGISTROS

6.0. ALGUNAS CONSIDERACIONES TEÓRICAS

En la Figura 7 se proyectan las variaciones de tensión y de corriente, como así también, de la resistencia, mientras un memristor está siendo estimulado. Se puede ver, además, el ciclo de histéresis típico cuando se considera las variaciones de tensión contra las de la corriente.

Una de las características más notables de un memristor es que se comporta como una resistencia lineal cerca de una frecuencia de estimulación infinita, y como una resistencia no lineal, cerca de una frecuencia cero.

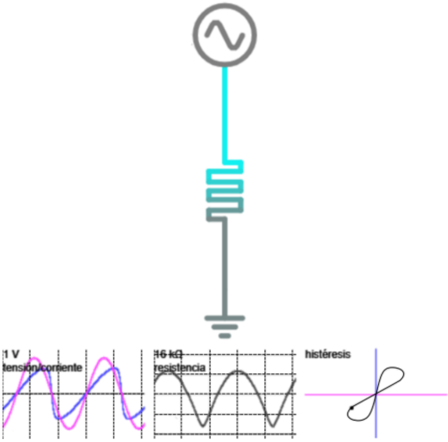


Figura 7 EMULACIÓN MEMRISTIVA

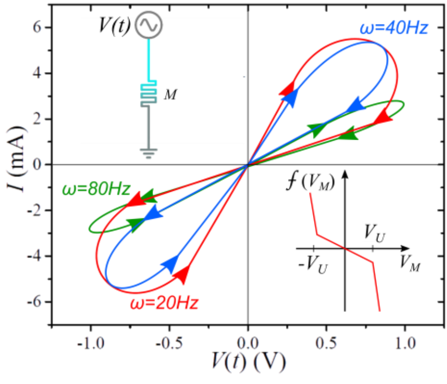


Figura 8 MEMRISTOR CONTROLADO POR VOLTAJE
Referencias: *V(t)*: voltaje aplicado – *M*: memristor - ω: frecuencia
$f(V_M)$: función – V_U: umbral

En la Figura 8 se aprecia cómo el *loop* de histéresis se "aplana" (tiende a convertirse en una recta) a medida que aumentamos la frecuencia. Es así, cómo "recuerda"

la frecuencia que lo estimuló, o lo que es equivalente, el grado de resistencia que ofreció al paso de la corriente, en el momento en que se le deja de proveer tensión.

Por otro lado, en el esquema inferior derecho, se puede ver cómo la resistencia del memristor cambia entre dos valores límites M_1 (100Ω) < M_2 (16kΩ). *M* aumenta como consecuencia de la variación en los estímulos periódicos, y por lo tanto, resulta en un "aprendizaje" del hecho percibido y en relación con qué sistema se lo percibió. Esto constituye una función $f(V_M)$, que describe cómo cambia el estado interno del memristor, cuando alcanza un determinado umbral (V_U), por un fenómeno acumulativo de un cambio externo (estímulo).

Si tenemos en cuenta que adoptamos en este trabajo, la modalidad de la "dinámica acoplada electrón-ion" como el determinante de la resistencia que ofrece un memristor cuando es atravesado por una carga, bien podemos emular el proceso de liberación del neurotransmisor en el espacio sináptico, mediante este mecanismo (Figura 9).

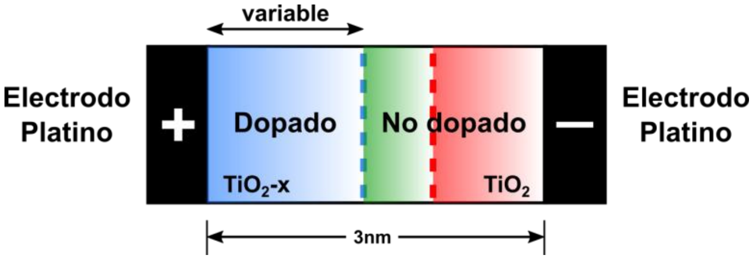


Figura 9 COMPOSICIÓN DE UN MEMRISTOR

La evidencia experimental sobre la posibilidad de una rápida conmutación eléctrica bipolar no volátil, en los nanosistemas fabricados mediante la unión de TiO_2 (dióxido de titanio) y electrodos de platino (Yang et al.,

2008), permite utilizar este mecanismo como un emulador de la carga y descarga de un neurotransmisor en el botón sináptico neuronal. La conmutación se basa en la derivación y recuperación de la barrera electrónica en la interface metal/óxido (botón sináptico/espacio sináptico) causada por la deriva localizada de vacantes de oxígeno (ingreso de iones Ca^{++} que abren las vesículas que contienen el neurotransmisor).

Al removerse los átomos de oxígeno del dióxido de titanio, los “agujeros” que dejan (ausencia de cargas negativas) se comportan como cargas positivas. Una tensión positiva “empuja” las cargas positivas hacia la derecha (en la Figura 9) dentro del otro TiO_2. De esta forma, el espesor del TiO_2-x (dopado) se incrementa (disminuyendo la resistencia y conduciendo), al tiempo que el espesor del TiO_2 se reduce. Si se invierte la tensión, se produce el fenómeno inverso, aumenta tanto la resistencia que prácticamente no hay conducción. La frecuencia que lo hace conducir al memristor, si se interrumpiera la tensión en ese momento es “recordada”, como un valor dado de resistencia. Esto último, además de emular el mecanismo de memoria de una neurona, que recuerda que ha sido utilizada para registrar algún hecho percibido que procede de un sistema real determinado, le dice a la célula cuál es el neurotransmisor que debe liberar, que también depende de qué sistema real sea el que requiere su atención.

6.1. NEUROTRANSMISORES Y SISTEMAS REALES

Los neurotransmisores son sustancias producidas en las neuronas, y que ejercen efectos neurales transitorios (de transmisión y modulación) a través de receptores confinados, en su mayoría, a las uniones sinápticas (Vizi, 2008). Consideraremos aquí, solo el sistema de las monoaminas: Dopamina, Norepinefrina (Noradrenalina)

y Serotonina, en su relación con la hormona Melatonina, que, producida por la glándula pineal, influye en una gran variedad de procesos celulares, neuroendocrinos y neurofisiológicos, como por ejemplo, controlar el ciclo diario del sueño (Pandi-Perumal y Cardinali, 2006).

En este trabajo postulamos una relación directa entre las sustancias mencionadas y los sistemas reales[15].

- *Dopamina*: deriva del aminoácido tirosina. En niveles normales o altos, propicia la concentración, el trabajo intenso, y el estado de alerta. Cuando sus niveles bajan, aparece distracción, no se terminan las tareas a tiempo, hay una tormenta de ideas pero ninguna se lleva a cabo.

- *Serotonina*: deriva del aminoácido triptófano. Con niveles normales o elevados, se logra satisfacción en los emprendimientos, se está de buen ánimo, es posible focalizarse en un solo problema, y es fácil conciliar el sueño. Con niveles bajos pueden generar sentimientos negativos, e inclusive, depresión.

- *Norepinefrina o Noradrenalina*: deriva de la Dopamina. Con niveles óptimos o superiores, estamos propensos a buscar emociones fuertes, a veces extremas, buscar nuevas actividades, mantener un estado de ánimo exaltado, así como también, un estado de alerta máximo. Si sus niveles caen, aparece una especie de anestesia emocional, marcado desgano, y el carácter puede presentar rasgos alternantes de depresión y agresión.

En resumen, la Dopamina tiene que ver con el placer, la motivación, la recompensa por nuestras acciones, y las tareas cognitivas, por lo que está relacionada con el sistema psico-interno de un sujeto. La Serotonina, con el

---

[15] Cf.: 3.0. LA NEURONA COMO RESONADOR.

control del estado de ánimo y las emociones, relacionándose así, con el sistema sociocultural; mientras que, la Norepinefrina se relaciona con el prestar atención a algo, y por lo tanto, con el sistema bio-externo (Figura 10).

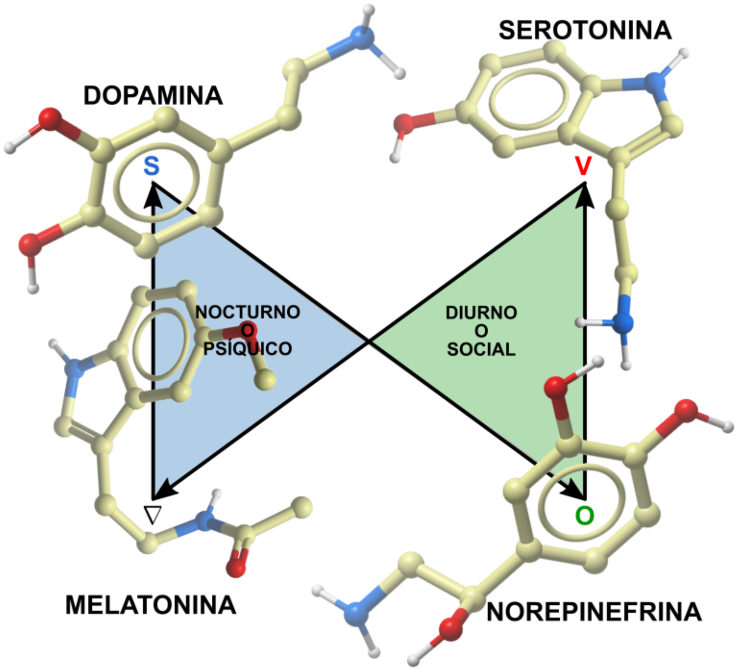


Figura 10 PAU DE LOS NEUROTRANSMISORES
Referencias: S: sujeto – V: sistema sociocultural – O: sistema bio-externo - ∇: sistema psico-interno

De una manera muy simplificada, podemos decir que, ni bien despertamos el sistema dopaminérgico correlaciona los tres osciladores que controlan y regulan los “tres cerebros” (neuronal, visceral, y cortical), y ponen en funcionamiento el marcapasos psíquico (Salatino,

2018b, p. 71), que determina el desempeño de un sujeto frente a los tres sistemas reales. Luego, partiendo de la Dopamina se biosintetiza la Norepinefrina, que permite comenzar a “prestar atención”, y percibir el mundo circundante, preparando todo el sistema para la acción.

Si lo percibido tiene que ver con el sistema bio-externo, se debe actuar de inmediato. Los 80Hz a que oscila la neurona indica que libere más Norepinefrina y Dopamina para atender a la coordinación motora necesaria para responder, sin la necesidad de motivación alguna.

Si la neurona oscila a 20Hz, indica que el sistema involucrado es el sociocultural, entonces, se libera Serotonina que como hemos visto, predispone el estado de ánimo para hacer frente al desafío externo, dotándonos del tenor emotivo adecuado (motivación), y así poder actuar en consecuencia.

Si la neurona oscila a 40Hz, significa dos cosas: o bien se está elaborando alguna respuesta demandada en la situación anterior, ya sea concentrándose en experiencias anteriores o elaborándola *de novo*; o bien, estamos manteniendo una actividad vigil (de consciencia) o pensante, o ambas. En los dos casos está involucrado el sistema psico-interno, por lo que se libera más Dopamina.

Dado que somos “animales diurnos”, cuando el nivel de luz natural decae, o el sistema en su conjunto, da señales de que ha llegado el momento de descansar y reponer todo el desgaste ocasionado por la actividad desarrollada en vigilia, una parte importante de la Serotonina producida se convierte en Melatonina, que induce el sueño, un fenómeno que no es ni consciente ni inconsciente, sino biológico.

Una vez dormidos, y habiendo superado la fase 4 de este estado fisiológico, en donde se entra en un sueño profundo y verdaderamente reparador, la corteza en su conjunto comienza a oscilar a 40Hz, lo que indica que ha llegado el momento de soñar, algo que se corrobora por la aparición de los “movimientos oculares rápidos” (MOR), algo que promueve la Dopamina. Esta fase ocupa el 25% del ciclo total del sueño. El régimen oscilatorio de 40Hz, que en vigilia nos predispone para enfrentar lo que ocurre en la realidad externa a nuestra psiquis, en estas circunstancias, y dado que todo el sistema motor voluntario está bloqueado, hace que se libere Dopamina que estimulan los Ganglios Basales, pero en sentido inverso, es decir, no nos prepara para percibir lo exterior y buscar una respuesta acorde a la demanda, sino que, escudriñando en la “realidad interna” de nuestra experiencia o historia de vida, hace una proyección sobre la corteza cerebral produciendo una vívida ensoñación, cuya única diferencia con los hechos reales que hemos vivido, está en que, mientras soñamos el pasado, el presente y el futuro se unifican. Esto es, su devenir es “atemporal”, por colapso del psicocito o célula psíquica, que es donde se registra la temporalidad de los hechos almacenados.

Cuando se ha alcanzado un nivel adecuado de reposición, salvo que medie algo que lo interrumpa, volvemos a despertar y el ciclo comienza de nuevo.

Lo que acabamos de describir para el “ciclo circadiano”, se repite en otros ciclos de más largo alcance, como por ejemplo, el cambio de estación, en donde también interviene la Melatonina.

En pocas palabras, en nuestra psiquis, lo que la Serotonina hace con la conducta (lo social) durante el día, la Melatonina, que deriva de la Serotonina, lo hace

con el comportamiento (lo psíquico) durante la noche, transformándose así, en un reloj, un calendario y un faro para los animales migrantes, ya que sus niveles de producción, en estos seres vivos, varía según la frecuencia de las radiaciones electromagnéticas de la tierra que recibe la glándula pineal, y así los guía hacia su destino de migración.

7.0. CONCLUSIONES

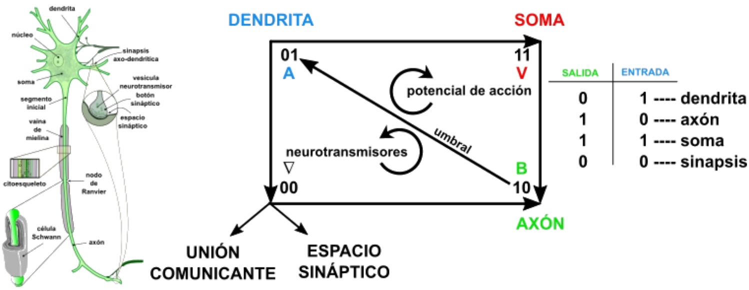


Figura 11 PAU DE LAS INTERACCIONES NEURONALES

La Figura 11 trata de representar las dos conexiones interneuronales más comunes: el llamado *acoplamiento electrónico* (unión comunicante), y la sinapsis química (espacio sináptico). Aunque existen sinapsis mixtas, es decir, la presencia simultánea de una sinapsis química y una eléctrica, en el esquema se han imbricado ambas solo con un fin didáctico.

El esquema interrelaciona los componentes fundamentales de cualquier neurona, y los identifica mediante la entrada y salida de estímulos. El ciclo hacia la derecha que podríamos catalogar de superficial, pues depende de un fenómeno de membrana, identifica de alguna manera lo que tienen en común ambos tipos de

conexiones neuronales. Esto es, la llegada de un estímulo a una dendrita produce un *potencial sináptico* que pasa por el soma (cuerpo) celular en donde es acumulado, llegando al *segmento inicial*, donde comienza el axón, que tiene un sensor de umbral.

Si el umbral no ha sido alcanzado, cicla de la misma forma hasta lograrlo, consiguiendo así disparar un *potencial de acción* que genera una onda de despolarización, que en el caso de la sinapsis eléctrica alcanza la *unión comunicante*, en donde a través del *conexón* (Salatino, 2013, p. 45) se produce un acoplamiento iónico entre las dos neuronas (pre y postsináptica).

En el caso de la sinapsis química, cuando el potencial de acción generado alcanza el botón sináptico se produce una entrada de Ca^{++} a la célula que abre las vesículas del neurotransmisor involucrado, que es volcado en el espacio sináptico en busca de sus receptores específicos en la neurona postsináptica. Cuando, neurotransmisor y neuroreceptor se ponen en contacto, surge en la neurona postsináptica, o bien un *potencial excitatorio postsináptico*, o bien una *hiperpolarización* (lo electrónicamente opuesto a una *despolarización*), llamada *potencial inhibitorio postsináptico* (Figura 12).

Con el circuito eléctrico que hemos planteado, pudimos emular el proceso anterior, por lo menos, en sus aspectos fundamentales.

Hemos demostrado que mediante la conjunción de los elementos eléctricos pasivos, cuyos equivalentes se encuentran en cualquier neurona, se puede construir una célula neuronal artificial que remede en forma muy ajustada, los procesos neurobiológicos básicos, alejándose de esta manera, del planteo de una neurona

artificial que se sustenta en unas pocas operaciones matemáticas, que nada tienen que ver con lo que sucede biológicamente (Figura 13).

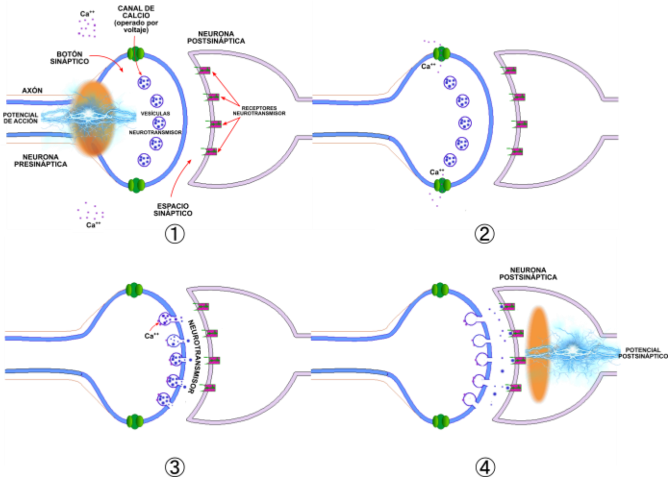


Figura 12 SINAPSIS QUÍMICA

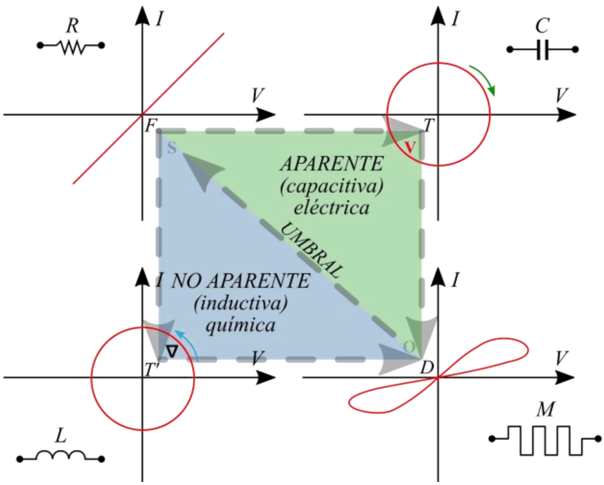


Figura 13 PAU DE LOS ELEMENTOS PASIVOS NEURONALES

Referencias: *R*: resistor – *C*: condensador – *L*: inductor – *M*: memristor – *V*: tensión – *I*: corriente – *F*: fuente – *D*: destino – *T*: transformación aparente – *T'*: transformación no aparente – S: sujeto O: sistema bio-externo – V: sistema sociocultural - ∇: sistema psico-interno

En la Figura 13, en un PAU se han interrelacionado los aspectos eléctricos que se ponen en juego en la neurona emuladora que hemos presentado. Vemos allí que teniendo en cuenta la respuesta natural de cada elemento pasivo utilizado, podemos ajustarnos a los principios de la Lógica Transcursiva. Esto es, establecer una unidad estructural y funcional (PAU) en donde se constituye una conexión de Galois, o sea, una oposición mediada por otra oposición. La primera oposición planteada está representada por el resistor lineal[16] (R), disipador de energía, que representa a las dendritas de una neurona, y el memristor (M) o una resistencia con memoria, no lineal[17], cuyo almacenamiento de información no consume energía, que representa la sinapsis; los dos polos operativos de una neurona (entrada y salida de información). Ambos están ligados por un umbral que, una vez alcanzado, pone en funciones la otra oposición.

La otra oposición la componen los elementos que, si bien almacenan energía, necesitan de ella para lograr dicho almacenamiento. Así, por un lado, tenemos el capacitor (C) que almacena energía en forma de un campo eléctrico, por eso representa el segmento inicial de la neurona, que es donde se genera el potencial de acción. Por el otro lado, está el inductor (L) que almacena energía en forma de campo magnético, por eso representa dos cosas: la liberación del neurotransmisor, y la generación de un disparo eléctrico

[16] Es decir, donde la relación entre tensión y corriente es proporcional.
[17] En donde, la relación entre tensión y corriente no es proporcional.

como consecuencia de una corriente inducida (potencial postsináptico). En ambos elementos pasivos, la respuesta natural es exponencial, o sea, en donde la tasa de cambio es proporcional a las magnitudes que se manejan. Además, tienen un sentido evolutivo contrapuesto (representado por el sentido de giro en el gráfico anterior), lo cual emula absolutamente el comportamiento de los niveles superficial y profundo del PAU. Para completar la similitud de la respuesta natural de este circuito con la de la neurona natural, podemos decir que la respuesta exponencial es representativa de varios fenómenos que ocurren en la naturaleza, y que muestran un comportamiento creciente/decreciente. Por ejemplo, el decaimiento del uranio, el crecimiento poblacional, el calentamiento, el enfriamiento, entre muchos otros.

Por último, podemos decir que la propuesta que acabamos de hacer es superadora, aún de las más recientes hechas en el campo de la "Ingeniería Neuromórfica" (Zyarah, 2020). Esta afirmación se sustenta en que, la pretensión de comprender cómo funciona nuestro cerebro, con solo invocar una supuesta "identidad morfológica" con las neuronas individuales, no se basa en ninguna teoría neurobiológica consistente. Decir que el haber diseñado rutinas computacionales que generan operaciones de cómputos que afectan a cómo se representa la información, presentan una notable robustez al daño, incorporan aprendizaje (basado en redes neuronales artificiales tradicionales), y se adaptan a cambios locales (generados exprofeso), no es lo mismo que emular el funcionamiento neuronal natural, ni mucho menos, la inteligencia natural que supuestamente deriva de él.

REFERENCIAS

Di Ventra, M.; Pershin, Y.V.; Chua, L.O. (2009). *Circuit Elements with Memory: Memristors, Memcapacitors and meminductors*. arXiv:0901.3682v1 [cond-mat.mes-hall].

Pandi-Perumal, S. R.; Cardinali, D. P. (2006). *Melatonin: Biological Basis of its Function in Health and Disease*. Texas, USA, Landes Bioscience.

Pershin, Y. V.; La Fontaine, S.; Di Ventra, M. (2009). *Memristive model of amoeba's learning*. arXiv:0810.4179v3 [q-bio.CB].

Qingjiang, L. et al. (2014). *Memory Impedance in TiO_2 based Metal-insulator-Metal Devices*. Scientific Reports, 4:4522, pp. 1-6.

Saigusa, T. (2008). *Amoebae Anticipate Periodic Events*. PRL 100, 018101(4).

Salatino, D. R. (2013). *Psiquis – Estructura y Función*. Autoedición, Mendoza, Argentina. ISBN: 978-987-33-3808-3.

Salatino, D. R.; Puglesi, A. E. (2018a). "*Neuron as an electric PAU*" Inter. J. Res. Methodol. Soc. Sci., Vol., 4, No. 4: pp. 59-76. (Oct. – Dec. 2018); ISSN: 2415-0371.

Salatino, D. R. (2018b). *Tratado de Psicolingüística. Adquisición, Comprensión y Producción del Lenguaje Natural Humano*. Autoedición, Mendoza, Argentina. ISBN: 978-987-778-829-7.

Vizi, E. S. (2008). *Handbook of Neurochemistry and Molecular Neurobiology. Neurotransmitter Systems*. New York, Springer.

Yang, J. J. et al. (2008). *Memristive switching mechanism for metal/oxide/metal nanodevices*. Nature Nanotechnology, Vol 3, pp. 429-433.

Zyarah, A. M. (2020). *Energy Efficient Neocortex-Inspired Systems with On-Device Learning*. Tesis Doctoral ante el Department of Computer Engineering Kate Cleason College of Engineering – Rochester Institute of Technology – Rochester, New York.

***

4. Simetría de las teorías científicas: un enfoque transcursivo

Luciano Paolo Russo[18]

Resumen: En el presente trabajo hemos tomado dos aspectos esenciales de la simetría: 1) La posibilidad de un cambio o transformación; y 2) La inmutabilidad ante el cambio de algún aspecto de la situación considerada. El primero lo caracterizaremos como la posibilidad en ciencia de un cambio intrateórico, es decir al interior de una misma teoría, a pesar del cual se mantiene la 'identidad' de una teoría. El segundo puntualiza un aspecto en particular, en nuestro caso la ley fundamental de una teoría, que es lo que hace que la teoría posea identidad, esto es, que posea una codificación que la separa del resto de las teorías científicas, incluso de aquellas que compiten con ella en un episodio de revolución científica. Aquí, intentaremos enfocarnos en la transcursividad que existe dentro de las teorías científicas como polo objetivo que implica por su propio desarrollo y estructura siempre, aunque a veces de manera oculta o profunda, el polo subjetivo.

Palabras clave: modelo – simetría – cambio teórico – lógica transcursiva

Una teoría es un producto de la actividad científica que como tal no es un objeto sin más del mundo, sino uno cuya estructura y desarrollo implica cierta representación del mundo que diremos aquí que es una mediación, una negación u oposición respecto del mundo fenoménico que al producirse genera un modelo. Lo que se niega es la mera objetividad para afirmar en ella la subjetividad (intencionalidad) de quien teoriza o modeliza la realidad. A esta afirmación se la puede llamar interpretación en sentido amplio o más precisamente teorización cuando se trata de una teoría científica. Toda teorización implica tomar una decisión metodológica respecto de ciertos aspectos de la realidad dejando fuera otros, esto se

---

[18] Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Filosofía y Letras. Instituto de Filosofía. Becario – CONICET.

hace mediante un modelo estructural que representa los aspectos fundamentales del fenómeno estudiado e incorpora al hacerlo (en la estructura teórica) aspectos intencionales de quien lo estudia.

Esto, así reflexionado desde la actividad científica, sugiere que las teorías científicas son simétricas, pues cumplen con las normas especificadas anteriormente: 1) posibilidad de un cambio, ya que los observadores pueden ser cambiados; y 2) inmutabilidad porque la validez de los datos es independiente del observador. (Rosen, 2008; Salatino, 2019) Sin embargo, esto admite otra interpretación desde la filosofía de la ciencia, es decir en la relación entre lo que aquí podríamos identificar como el ámbito objetivo (lo observado, en este caso una teoría) frente al ámbito subjetivo (del observador, quien teoriza) La lógica transcursiva nace con el propósito explícito de dar cuenta de cierta relación entre sujeto y objeto en la producción de un lenguaje universal que pretende explicar, entre otras cosas, la ciencia y su relación con el ámbito subjetivo.

> *“La importancia de la simetría estriba en la posibilidad que brinda de asumir un punto de vista diferente desde donde observar la realidad, que aunque está más acorde a la experiencia individual (subjetiva, si se quiere), no violenta el contenido científico y objetivo del cual se parte, ni tampoco se modifica el marco de referencia al realizar la observación.”* (Salatino 2017: 222)

Esta cita cobrará mayor sentido cuando veamos la estructura y función de las teorías científicas mediante la analogía del grupo y la conexión de Galois. Allí afirmaremos que el cambio teórico global: evoluciones teóricas, inconmensurabilidad teórica, etc. puede ser representado mediante una conexión de Galois, sin perder de vista que la identidad teórica queda asegurada en cada elemento teórico aislado (sincrónicamente) de manera que puede ser representada como la estructura básica de la ciencia (un elemento teórico, una unidad teórica

idéntica a sí misma o automórfica) mediante un grupo de Galois.[19]

La cuestión semántica se nos presenta en este caso en una relación de simetría entre el objeto, el observador y el símbolo utilizado en determinado contexto, que describiremos con van Fraassen, pero también intentaremos esbozar una propuesta de interpretar la simetría pentagonal de Penrose (Salatino, 2020) de modo que represente la imagen de la ciencia proveniente de la concepción estructuralista, en especial el estructuralismo de Balzer, Moulines y Sneed (1987)

Los aspectos intencionales no son sólo semánticos, que afectan al significado conceptual de los términos de la teoría en cuestión, sino que son además pragmáticos, que comportan un uso determinado y esperado de la teoría. Aquí surgen las relaciones y funciones tecnológicas del conocimiento científico, entre otras las ingenierías, pero también las decisiones políticas y económicas en un vector distinto del mapa tecno-científico[20]. Por un lado, las aplicaciones tecnológicas de las teorías científicas muestran una intencionalidad de tipo proyectivo, esto es una intención que proyecta el conocimiento básico en aplicaciones diversas para resolver problemas concretos. Por otro lado, la ciencia como actividad y sus productos relacionados se ve intencionalmente dirigida (aunque no siempre explícitamente) por intereses políticos y económicos. Hay también una simetría entre los problemas planteados por el ámbito extra científico y las soluciones propuestas por la ciencia, de la que también intentaremos dar cuenta de manera indirecta.

Esta doble intencionalidad fuerza a la actividad científica en una tensión entre las expectativas (intencionalidad) de quienes financian las empresas científicas y las de quienes las llevan a cabo: hay muchas veces conflictos de intereses cuando menos, y otras simplemente se soslaya la intención espuria al

---

[19] Para comprender mejor este artículo se sugiere revisar Salatino (2019)

[20] No será tema de nuestra exposición actual la relación entre técnica, tecnología y ciencia, pero debemos tener en cuenta cierta relación implícita al hablar de interpretación en sus diferentes sentidos.

interés científico por mor de la actividad misma. Piénsese en el desarrollo de la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica, la física nuclear y las aplicaciones tecnológicas del caso. También la ingeniería genética actual presenta desafíos éticos al avance científico que escapan a la actividad de los propios científicos cuando menos en la etapa de desarrollo e investigación teórica.

Modelos y simetría de las teorías empíricas

Al analizar una teoría como un conjunto de modelos encontramos ciertos modelos que representan los aspectos empíricos incluyendo los conceptos básicos que describen los sistemas fenoménicos (ontología) de los que la teoría pretende dar cuenta, entre los cuales se encuentran aquellos que la teoría comparte con otras teorías. A su vez tenemos modelos que representan aspectos propios y peculiares de la teoría que no son compartidos con otras teorías, entre los cuales encontramos la ley fundamental de la teoría, su identidad o código teórico. Los modelos compartidos entre teorías señalan en la dirección de una red teórica con nudos que enlazan distintas teorías por medio de leyes especiales. Los modelos (actuales) que hacen a la identidad de la teoría son aquellos que no comparte con otras teorías y en cierta manera aíslan la teoría y a sus practicantes en una comunidad de especialistas.

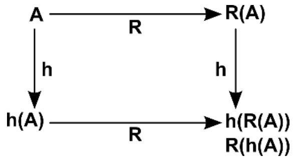
La simetría aquí estudiada nos conducirá a una teoría estructural de grupos, en especial a una que pueda explicar la estructura simétrica de las teorías científicas. Una teoría es invariante bajo ciertas transformaciones cuando el cambio es intrateórico, es decir que ocurre dentro de la misma teoría, por ejemplo los cambios que ha sufrido la mecánica newtoniana desde sus principios en cada una de sus especializaciones, a pesar de los cuales mantiene sus leyes fundamentales, sobre todo la segunda ley de Newton que establece que si un objeto está sometido a una fuerza o a un conjunto de fuerzas que no se anulan, entonces el objeto se acelerará en la dirección de la fuerza resultante, siendo esa aceleración proporcional a la intensidad de esa fuerza neta e inversamente proporcional a la

masa del objeto. Esta ley tiene sendas especializaciones que representan cambios graduales en su estructura teórica, pero mantiene su identidad o código teórico a lo largo de toda la red teórica resultante.

Invariancia bajo transformaciones canónicas

Decimos que hay *conservación* cuando no hay cambios en un marco de referencia, y que hay *invariancia* cuando no hay cambios entre marcos de referencia (Salatino, 2016). Con esto en mente podemos decir que hay conservación teórica cuando los cambios son dentro de una teoría, y hay invariancia sólo cuando se trata de la misma teoría y los mismos modelos potenciales (marco teórico, aquellas cosas de las que pretende dar cuenta la teoría y los conceptos que utiliza para ello).

El filósofo estadounidense de origen neerlandés Bas Van Fraassen, especializado en Filosofía de la Ciencia y Lógica, define la simetría según lo hizo Noether pero la propone como guía para la caracterización de una teoría científica, ya que la considera como la clave principal para comprender el mundo construido teóricamente a través de un modelo (Van Fraassen, 1990, 2008).
Veamos un ejemplo genérico (Van Fraassen, 1990, p. 259)



Nos dice Van Fraassen: si tenemos una regla (R) para resolver un problema determinado (A), la aplicación de esa regla arrojará como salida su solución (R(A)). Pero también, disponemos de otra transformación (h) que al aplicarla hace que el problema, esencialmente, vuelva a ser el mismo. Si un problema concreto con una entrada A es modificado por la transformación (h) se convierte en el problema con la entrada h(A). En el vértice inferior derecho del esquema tenemos dos salidas: la salida original transformada y la salida del problema

transformado. Pero, si los dos problemas son esencialmente el mismo, luego las dos soluciones también lo son. Se cumple así con el requerimiento de simetría: h(R(A)) = R(h(A)). El problema sigue siendo el mismo luego de haber encontrado una solución, a esto se le da el nombre de principio de invariancia (Salatino, 2016).

Van Fraassen (2008) en relación con el problema de la representación en ciencia también señala la acción de representar algo como algo otro, distinguiendo aquello representado (fenómeno observable) del modo de representarlo (apariencia para el observador) Esto señala que la representación no es una relación directa con el objeto sensible sino una relación compleja entre el objeto, el observador y el contexto (cosa, usuario y símbolo) en el cual se realiza la interpretación. Esta complejidad está en el uso que se hace de cierto simbolismo para representar cierta realidad observable. La dificultad de hacer una teoría de la representación estriba en la recursividad y circularidad de su misma definición y uso (representar *como*): por cada especificación que hagamos habrá otra posible.

La representación en ciencia no es sólo una cuestión de correspondencia de los modelos con la realidad (a esto se le llama isomorfismo, o en algunos casos más moderados homomorfismo inyectivo ya que la relación de correspondencia es de todos los elementos del modelo teórico a algunos elementos de la realidad observable), en todo caso ese es un problema, pero otro distinto es el del uso de la representación dentro de la teoría en determinado contexto teórico, que a su vez está inserto en un contexto histórico determinado y en general está contextualizado como símbolo que representa algo que está en lugar de otra cosa.

Por eso la cuestión semántica de los conceptos científicos es parte del núcleo de problemas asociados a las escuelas semanticistas y en especial a las estructuralistas, tanto en el realismo estructural (van Fraassen) como en el estructuralismo metateórico (Sneed, Moulines, Balzer) Y no sólo los conceptos tienen asociada una interpretación

semántica, sino que las teorías como estructuras modelo-teóricas pueden ser evaluadas semánticamente en virtud de los símbolos que componen sus estructuras básicas y especializadas.

Nos enfocaremos en la estructura básica de una teoría científica llamada elemento teórico básico, y a partir de su caracterización como estructura simétrica –utilizando la simetría que descubrió Penrose para las teselaciones- concluiremos que la ciencia posee en general una estructura simétrica bajo la cual se pueden reconstruir sus teorías básicas. Veremos también de manera suscinta algunas interpretaciones de los elementos teóricos especializados, la relación interteórica de aproximación e incluso dejaremos el espacio reflexivo abierto para pensar en la incrustación o la inconmensurabilidad con reemplazo de teoría, mediante el recurso visual a figuras geométricas generadas a partir de la simetría de Penrose (estrella, pentágono, etc.)

Van Fraassen (2008) muestra el patrón relacional característico para satisfacer el requerimiento de adecuación como simetría: la evolución en este caso es una deducción lógica relativa a condiciones asumidas; la evolución abajo es la regularidad en la naturaleza de esas mismas condiciones; y las flechas discontinuas hacia abajo son la relación de representación (figuración)[21]

Analogía y simetría como características de los modelos teóricos

Ahora analizamos algunos argumentos clásicos de la tradición que revisita el estructuralismo (en especial el de van Fraassen como lo vemos en este trabajo) acerca de la caracterización de los modelos teóricos como simétricos y analógicos. A partir de ellas relacionamos la simetría de la manera más clara posible con el pensamiento analógico.

Primero, poniendo de relieve dentro de una estructura teórica (perteneciente a lo que llamamos una teoría científica) la

[21] Van Fraassen hace referencia a la *Bildungstheorie* de la representación, sobre todo a la versión estructuralista.

similitud entre el componente inicial, problema 1 (input 1) y la solución propuesta para ese problema (output 1); y el componente que le sigue en la ristra (componente n) (puede ser el último si es una dupla, o puede haber n componentes si es una tupla) con la solución propuesta para ese problema (output n). Diremos con van Fraassen (2008) que los problemas propuestos y las soluciones son simétricos entre sí, ya que a problemas similares, soluciones similares; y dado el supuesto adicional de que dentro de una misma teoría (mientras se trate de cambios intrateóricos no tendremos problemas con esto) los problemas se asemejan y también sus soluciones correspondientes, tenemos que una teoría es simétrica en su estructura problemas/soluciones, de aquí que una teoría sea analógicamente simétrica con la realidad estudiada. Esto significa que resuelve problemas nuevos que le plantea la realidad basada en problemas resueltos exitosamente por la teoría en el pasado.

Segundo, tomando en cuenta la clásica definición de analogía en lógica, que se utiliza también en informática y en especial en la teoría del cálculo lineal (regresivo y progresivo) que funda la capacidad predictiva y retrodictiva de los procesos computacionales, y más generalmente en los procesos computacionales involucrados en el aprendizaje artificial (aprendizaje automatizado o *machine learning* y aprendizaje profundo o *deep learning*; lo que muchas veces en programación se conoce como el *front end* o el *back end* también muestra el doble proceso –lineal (cálculo) y complejo (imagen)- de la estructura computacional del aprendizaje artificial)

Primero revisemos un poco para quienes no estén familiarizados con la programación y la informática algunos conceptos nombrados en el párrafo anterior. Respecto de lo que hemos llamado aquí aprendizaje automatizado podemos decir que los ordenadores (computadoras) lo utilizan para comunicarse con la periferia al modo de un sistema senso-perceptivo viviente. Aquí se desarrolla el primer lenguaje computacional, el binario (01), y es el protocolo lingüístico más primitivo de cualquier ordenador. Las instrucciones entran por

un lado del circuito (*input*), recorren el mismo por pasos y secuencialmente (*algorythm*), y luego salen por otro lado del circuito (*output*)

Por otro lado lo que llamamos aprendizaje profundo es un proceso por el cual se complejiza el recorrido de la información dentro del circuito computacional, y es el utilizado principalmente para programar con los lenguajes más modernos, que se comunican por una interfaz al ordenador y devuelven un resultado interpretado e interpretable al usuario. El recorrido es interno y dependiente del algoritmo que se desarrolle para el fin esperado, y resulta en un programa que sirve de interfaz entre el usuario y el ordenador desarrollado para resolver uno o más problemas de manera eficaz y eficiente.

Lo que aquí llamamos pensamiento analógico opera en ambos niveles de aprendizaje artificial pero más interesantemente en el nivel profundo. La complejidad de los problemas que debe resolver un ordenador es a veces muy elevada para un algoritmo lineal, y debemos recurrir a uno de estructura también compleja que pueda representar suficiente y satisfactoriamente la realidad modelada. Estos otros algoritmos que podemos llamar en general complejos, son estructuras lógico-matemáticas de varios niveles que permiten al ordenador y al usuario intercambiar información en el proceso de toma de decisiones (control de flujo de información) dentro de un programa informático para llegar a resultados buscados dentro del desarrollo y ejecución del mismo.

El aprendizaje automático por su parte no permite la intervención del usuario una vez está puesto en marcha el comando que ejecuta las variables iniciales del sistema en un código preestablecido, cumple la función del sistema senso-perceptivo interno en los seres vivientes, que mantiene en funcionamiento automático al sistema. El aprendizaje profundo en cambio permite que el usuario pueda interferir, interpretar y evaluar (tomar decisiones) los procesos computacionales en función del objetivo propuesto, es decir simula la función del

sistema senso-perceptivo de los seres vivientes, aquél que permite interactuar con el ambiente y transformarlo.

El pensamiento analógico está caracterizado por una serie de elementos provenientes de la tradición filosófico. Para Aristóteles (Bartha, 2010) los argumentos analógicos pueden evaluarse de acuerdo con: el número de similaridades que determina la fortaleza de la analogía; las propiedades y relaciones idénticas; causas comunes o leyes generales subyacentes; no necesidad de conocer las leyes generales subyacentes. Esto forma el modelo de sentido común (2010: 40) Lo que nos interesa señalar aquí es la importancia de la analogía como herramienta del pensamiento para resolver problemas nuevos en función del conocimiento de problemas ya resueltos anteriormente, lo que muestra cierta simetría en nuestra capacidad analógica de resolver problemas. De ninguna manera afirmamos que el aparato psíquico se parezca en algún otro aspecto al llamado “pensamiento computacional”.

Así también se producen imágenes en un ordenador: las leyes generales subyacentes (*deep* y *machine learning*) no deben ser conocidas por el usuario, que accede analógicamente a los resultados observables de las propiedades simétricas de la información que sale a la interfaz electrónica (monitor, pantalla) por medio de un sistema operativo.

Por otro lado, la teoría de Hesse (1966) se apoya en tres criterios para los argumentos analógicos: requerimiento de analogía material; condición causal; una condición de diferencia no esencial. Además asume que todas las similaridades pueden ser reducidas a una relación de identidad y diferencia. Bartha propone reemplazar la condición causal por una relación lógica, causal, estadística y otra que indique co-ocurrencia.

Además, Bartha se opone al esencialismo metodológico de Agassi y en su lugar impulsa un razonamiento analógico crítico que emplee ciertos argumentos analógicos bajo un criterio determinado (2010: 56) Esta actitud crítica se aleja tanto de la pura deducción como de la inducción enumerativa

y busca proveer una base para discriminar entre similaridades relevantes y no relevantes. Propone entonces que un buen argumento analógico tenga los siguientes criterios: asociación previa, esto es una conexión en el dominio fuente entre las similaridades conocidas (analogía positiva) y la similaridad que se busca (hipotética) en el dominio objetivo.

Al igual que la propuesta de simetría de van Fraassen, Bartha afirma que problemas similares deben tratarse de manera similar (o brindar soluciones similares) (2010: 58) La simetría está dada a la base de un argumento analógico exitoso por la asociación previa, esto es una relación en el dominio fuente (o de partida) que enlaza la analogía positiva con la característica a ser transferida al objetivo. En este sentido, un modelo teórico es una analogía exitosa en la medida que guarda una relación de homomorfismo, o también de transferencia exitosa de la información en el(los) sistema(s) empírico(s) a la(s) ley(es) fundamental(es) que lo explican.

La asociación previa está dada por la ley fundamental de la teoría, por el modelo que puede estar en el lugar de la teoría en cualquier explicación metacientífica adecuada (clara y precisa) En palabras de van Fraassen (2008: 310) el sentido en el cual una teoría nos presenta una familia de modelos (teóricos) es el sentido en el que un conjunto de ecuaciones nos presenta sus soluciones. A esto hay que agregar la intencionalidad en la estructura de la teoría, puesto que la identidad teórica no puede ser separada de la intención de quien usa la teoría. Al aplicar la teoría a uno u otro problema estamos haciendo un uso distinto, encontramos una aplicación distinta para la misma teoría. Por ejemplo (van Fraassen, 2008: 310) la aplicación de la mecánica newtoniana al problema de los tres cuerpos (una de cuyas soluciones es la de Lagrange aplicada a la resonancia orbital de los cuerpos celestes que explica entre otras la relación entre el movimiento orbital de tres de los satélites de Júpiter: Ganímedes, Europa e Ío)

Estructura y función de las teorías empíricas: grupo y conexión de Galois como analogía matemática.

Los elementos estáticos además de opuestos son complementarios y concurrentes. De los elementos dinámicos, uno de ellos (V) tiene como función el ligar 'transformando' en forma evidente ambos elementos estáticos. Desde el punto de vista lógico se comporta como una disyunción y su código se corresponde con la co-presencia de ambos atributos, lo que equivale a la unión de los elementos por sus diferencias, por lo que también lo conoceremos como 'organización'. El otro elemento dinámico (∇) representa una 'transformación oculta' cuya función es romper la ligadura anterior, lo que posibilitará la futura evolución (reestructuración) del sistema. Lógicamente se comporta como una conjunción y su código surge de una co-ausencia de los atributos, lo que equivale a una separación de los elementos por sus semejanzas; también lo conoceremos como 'desorganización'.

Todo grupo debe tener una 'operación de composición', que representa la identidad teórica, la ley fundamental que genera el automorfismo estructural de la teoría. Esta operación es una transformación (aparente) que se debe aplicar para que el grupo evolucione en forma evidente, es decir, cicle por los distintos elementos constitutivos (estáticos y dinámicos), en cualquier dirección, hasta llegar al elemento del cual se partió y así demostrar la presencia de simetría y automorfismo de la estructura teórica. Tal 'operación de composición' puede ser pensada como el principio guía o ley fundamental de la teoría que le brinda su identidad (clausura) propia y de cierta forma la aísla del resto de las teorías científicas, especializando a su comunidad (desde el punto de vista pragmático) de manera que el producto de su actividad es un conocimiento establecido como seguro y firme (invariante) durante un tiempo determinado. Es por esto por lo que las comunidades y teorías científicas bien establecidas son cerradas, tienen un

léxico distintivo y producen un tipo específico de conocimiento en un campo de estudio bien delimitado.[22]

"La posibilidad de establecer un origen o fuente de la transformación o cambio que anima al sistema y descubrir una instancia en donde se desorganiza y luego reorganiza esta dinámica, dan la pauta de que este sistema puede exhibir un cierto grado de evolución adaptativa…" (Salatino 2017: 222) Del mismo modo el cambio teórico se torna crítico de suerte que desestabiliza la estructura del sistema teórico y genera la necesidad de una nueva estructura o al menos de una organización distinta que generalmente implica la discontinuidad de ciertos elementos teóricos componentes de la estructura (inconmensurabilidad teórica, transformación profunda) y el surgimiento de otros nuevos. Las revoluciones científicas pueden entenderse como un proceso de adaptación de una teoría que ya no explica satisfactoriamente la realidad, esto es no soluciona los problemas propuestos de manera razonable, de manera que pierde algunos de sus caracteres distintivos y agrega otros para reorganizarse en una teoría nueva. En estos procesos ciertamente deberíamos encontrar otro concepto de simetría (al modo de las simetrías no periódicas –como la de Penrose-) para poder explicar satisfactoriamente (de manera racional) el cambio interteórico global producido durante una revolución científica en las estructuras teóricas de las teorías involucradas en tal proceso.

La evolución de una teoría científica puede ser vista como un proceso de cooperación y colaboración que se lleva a cabo a

[22] Esta traspolación del campo matemático al campo semántico y luego al empírico, es válida si se considera análogamente un grupo (del tipo de un grupo de Galois) y la estructura de una teoría, del mismo modo que podemos análogamente considerar una conexión de Galois y la relación funcional de evolución teórica, de inconmensurabilidad y, en general, de una transformación profunda (LT) o una relación interteórica global (estructuralismo metatórico) que explique el cambio teórico entre teorías (es decir, cuando existe cambio de teoría, cuando se pierde la identidad interteórica y el isomorfismo, pero no el automorfismo de cada teoría tomada de forma aislada) Esto puede verse más claramente si reconstruimos la red teórica de la teoría, o un conjunto de patrones autónomos universales relacionados por conexiones más globales.

lo largo de un período relativamente largo de cambio científico intrateórico (que puede ser caracterizado como cambio cuantitativo, ya que involucra acumulación de aplicaciones exitosas dentro de la misma teoría) y actividad científica normal[23].

Por otro lado, la evolución también implica un cambio cualitativo en cierto momento en que se produce una revolución científica. Ambos procesos pueden ser analizados metateóricamente como distintos metodológicamente, pero implicados conceptualmente. La evolución implica en cierto momento una revolución, un cambio radical de caracteres teóricos que da lugar al surgimiento de una teoría nueva en una nueva comunidad científica. El proceso evolutivo pasa de ser colaborativo a ser competitivo, y las teorías en liza pasan por un período revolucionario en que no hay acuerdo sobre cuál sea la mejor teoría en cuestión.

Para ayudarnos a encontrar esta estructura básica que relaciona simétricamente elementos diversos es que la lógica transcursiva nos proporciona un método de búsqueda de un patrón relacional básico (PAU) como parte de la solución de un problema determinado. El elemento teórico básico, aquél que contiene la ley fundamental de una teoría y constituye la base para construir la arquitectónica de la ciencia, puede considerarse como este “patrón relacional básico” que veremos en la forma de un PAU (patrón autónomo universal) simétrico.

Conclusión

La simetría como la hemos expuesto puede explicarse sintéticamente desde la lógica transcursiva como sigue:

La simetría puede ser representada como una relación que deja intacta la estructura identitaria de una teoría. Tanto si consideramos el cambio intrateórico como el interteórico global, la estructura del elemento teórico básico, una teoría

---

[23] El concepto kuhniano de ciencia normal puede ser pensado como de normalización o estandarización de una teoría científica durante el cual una teoría bien establecida se utiliza generalizadamente en diversas aplicaciones.

aislada sincrónicamente, no varía y se comporta como un grupo, cuya simetría interna (automorfismo) está asegurada por la conservación de la ley fundamental de la teoría.

Al considerar cambios teóricos revolucionarios, no estamos en realidad parados en las dos teorías a la vez y bajo el mismo respecto (contradiciendo así el principio de identidad) sino que estamos o bien en una teoría o bien en otra, y somos usuarios de ambos lenguajes, habiendo aprendido desde una teoría el lenguaje de la otra. Esto pasa en realidad porque podemos conectar las teorías mediante una relación funcional que permite conservar ciertos aspectos de una de las teorías y transformar otros.

Haciendo una analogía entre la conexión de Galois y estas transformaciones teóricas (e interteóricas) es que podemos constatar que las teorías científicas poseen aspectos contradictorios y complementarios que puestos en relación dinámica conservan ciertos elementos de las estructuras teóricas respectivas.

El cambio teórico revolucionario muestra también que una teoría antecesora ya no explica satisfactoriamente la realidad y por ello otra teoría la reemplaza reestructurando la teoría, poniendo en relación estructuras diversas pero complementarias y ofreciendo una nueva teoría estructurada bajo una nueva ley fundamental automórfica e identitaria. Esta es la base del aprendizaje y de cómo progresan las teorías a través del cambio revolucionario (Russo, 2018, 2019).

Referencias:

Balzer, W., Moulines, C. U., & Sneed, J. (2012). *Una arquitectónica para la ciencia.* (P. Lorenzano, Trad.) Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.

Bartha, P. (2010). *By Parallel Reasoning.* Oxford: Oxford University Press.

Hesse, M. B. (1966). *Models and Analogies in Science.* Indiana: University of Notre Dame Press.

Moulines, C. U. (2011). *Cuatro tipos de desarrollo teórico en las ciencias empíricas*. *Metatheoria, 1*(2), 11-27.

Noether, E. (1918). Invariante Variationsprobleme. *Nachr. K¨onig. Gesell. Wissen. Göttingen,* 235-257.

Rosen, J. (2008). *Symmetry Rules. How Science and Nature are Founded on Symmetry.* Berlin: Springer.

Russo, L. P. (2019a). *La tesis de la inconmensurabilidad*. *Acta de Resúmenes. V Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería (ECEFI 2018) Y Segundo Foro sobre Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva.* (págs. 149-150). Mendoza: *Universidad Tecnológica Nacional.*

Russo, L. P. (2019b). Las Concepciones Semánticas y la Didáctica de las Ciencias Naturales: un Universo en expansión. *ACTAS DE RESÚMENES. V CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCADORES EN CIENCIAS EMPÍRICAS EN FACULTADES DE INGENIERÍA (ECEFI 2018) Y SEGUNDO FORO SOBRE CREATIVIDAD, INVESTIGACIÓN Y LÓGICA TRANSCURSIVA.* (págs. 47-50). Mendoza: Universidad Tecnológica Nacional.

Russo, L. P. (2020). *De la policontextura transclásica a la transcursiva*. En R. Salatino, G. Cuadrado, & et al., *Creatividad, Investigación y Lógica Transcursiva III.*

Lenguajes, Lógica y Modelos en ingeniería. (págs. 155-166). Mendoza: Universidad Tecnológica Nacional.

Salatino, D. R. (2016). *La importancia de la simetría*. En Educación en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería. (ECEFI 2016), pp. 19-49. Ed. Cuadrado, G.; Gómez, L. – Mendoza, Argentina, Facultad Regional Mendoza –Universidad Tecnológica Nacional.

Salatino, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva: origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva.* Godoy Cruz: Dante Roberto Salatino.

Salatino, D. R. (2019). *La simetría de las tópicas freudianas*. En D. R. Salatino, Los lenguajes de Freud. Enfoque subjetivo de la teoría psicoanalítica. (págs. 133-151). Mendoza.

Salatino, D. R. (2020). "*The Intrinsic Beauty of the Penrose's Mosaics*" Inter. J. Res. Methodol. Soc. Sci., Vol., 6, No. 1: pp. 1-14. (Oct. – Dec. 2019); ISSN: 2415-0371. DOI: 10.5281/zenodo.3877594.

Van Fraassen, B. (1990). *Laws and Symmetry.* Oxford: Oxford University Press.

Van Fraassen, B. (2008). *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective.* Oxford: Clarendon Press.

* * *

5. DESEMPEÑO SOCIOCOMUNICATIVO EN NIÑOS CON TRASTORNOS DEL ESPECTRO AUTISTA

Un análisis desde la Lógica Transcursiva

Dante Roberto Salatino[24]

RESUMEN

La habilidad para comprender y predecir las conductas de otras personas, sus intenciones, sus emociones, sus conocimientos o sus creencias es un tema que debe ser evaluado a la luz de los hallazgos científicos actuales. El propósito de este trabajo fue revisar los fundamentos neurobiológicos y psíquicos de la llamada ‘Teoría de la Mente’, cuyas supuestas fallas en su desarrollo pretenden explicar la aparición de los trastornos sociocomunicativos que presentan las personas con Trastorno del Espectro Autista. Con la ayuda metodológica de la Lógica Transcursiva revisamos la pertinencia del enfoque que las Ciencias Cognitivas hacen de nuestro lenguaje natural, para luego intentar una aproximación a los verdaderos mecanismos que se ponen en juego a la hora de comprender el lenguaje. Revisar estas cuestiones nos permitió arrojar algo de luz sobre la aparición de algunos signos del espectro autista, como por ejemplo, tanto su incapacidad de comprender el ‘doble sentido’, o de colocarse en el lugar del otro, como los rasgos no sociales del autismo. Luego de un análisis crítico de algunos aportes de las Ciencias Cognitivas, llegamos a la conclusión de que la ‘Teoría de la Mente’ es un modelo inapropiado para evaluar la comprensión del lenguaje, porque no tiene en cuenta los aspectos subjetivos del mismo, única forma de poder elaborar alguna predicción sobre qué nos está hablando el otro. El cognitivismo pretende comprender un simple código convencional y de allí sacar sus conclusiones. La Lógica Transcursiva, como contrapartida, aporta una interpretación

[24] Universidad Nacional de Cuyo.

del proceso comunicativo y de esa forma, demuestra la improcedencia de la 'Teoría de la Mente'.

Palabras clave: Autismo, Teoría de la Mente, neuronas espejo, comprensión del lenguaje, proceso comunicativo, lógica transcursiva.

1.0. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones realizadas por psicólogos y psicolingüistas cognitivos sugieren que los déficits sociocomunicativos en los niños con Trastornos del Espectro Autista (TEA) se agrupan en dos grandes áreas: 1) La capacidad de prestar atención, que se refleja en la dificultad de coordinar la atención entre sujeto y objeto; y 2) La capacidad de usar símbolos, que se evidencia en la dificultad para aprender los significados convencionales o compartidos de los símbolos, sobre todo en la adquisición de gestos, de palabras, en la imitación y en el juego (Wetherby, 2006).

La capacidad de prestar atención se fundamenta, según esta corriente de pensamiento, en la adquisición por parte del niño de tres logros que le permiten ser interlocutores válidos para aprender a hablar: a) compartir la atención, b) compartir el afecto, y c) compartir las intenciones (Stern, 1985). A partir de aquí, el niño, a través del lenguaje puede 'regular su comportamiento', 'comenzar la interacción social', y 'prestar atención'. Todas cuestiones que se basan en la dudosa capacidad de los niños de ser 'elaboradores de hipótesis', defendida por la propuesta de Bruner (1981), quien a su vez se basa en las ideas de Chomsky (2002 - 1957), con las que propone la existencia, en nuestro cerebro de un 'dispositivo de adquisición del lenguaje'; una especie de 'procesador lingüístico' innato en donde está 'grabada' una 'gramática universal', o lo que es lo mismo, el conocimiento de las reglas existentes en todas

las lenguas. Según esta particular teoría, cuando el niño recibe los estímulos lingüísticos de su entorno, deriva las ‘reglas gramaticales universales’, para formar nuevas oraciones perfectamente estructuradas.

En cuanto a la emergencia del uso del símbolo, se especula que el niño ‘adquiere’ un repertorio de sonidos convencionales y gestos que expresan intenciones, lo que presupone un creciente conocimiento de los significados compartidos (Bates, 1979); ideas que también tienen la impronta chomskiana.

El tiempo se encargó de mostrar las inconsistencias de las teorías señaladas, por no haberse demostrado ninguna de sus predicciones. Sin embargo, hoy en día se siguen utilizando para ‘explicar’ cómo el niño adquiere el lenguaje, y qué es lo que se altera en estos mecanismos inexistentes, como para que un autista presente un déficit sociocomunicativo. Algunas de estas teorías tienen más de 60 años de antigüedad, y todas ellas adhieren a la metáfora computacional.

Cuando se buscó un correlato neural del mecanismo de ‘prestar atención’, surgió una teoría que trató de establecer un puente entre ‘prestar atención’ y el desarrollo sociocognitivo. Esta teoría se llamó ‘Teoría de la mente’.

De acuerdo con la teoría original, respecto de la cognición social, los niños desarrollan una sucesión de ‘teorías de la mente’ que, como verdaderas teorías científicas, postulan entidades mentales abstractas coherentes y leyes que permiten hacer predicciones, interpretaciones y dar explicaciones. Esto les posibilitaría interactuar exitosamente con otras personas (Leudar y Costall, 2009). Para el niño autista o con síndrome de Asperger, afirman los psicólogos cognitivistas, esto no

es posible, de allí las dificultades que estos niños tienen para comunicarse socialmente y sus trastornos en el manejo del lenguaje.

La Teoría de la Mente (ToM) no pasó de la promesa de confirmar la afirmación filosófica cognitivista de que nuestra comprensión y sentido común pueden explicarse mediante una 'teoría empírica' de la mente (por ejemplo: Premack y Woodruff, 1978; Leslie, 1987; Wellman, 1990). Esta presunción también es heredera directa de la teoría del lenguaje elaborada por Chomsky, que fue a la vez, piedra fundamental de la psicología cognitiva (Salatino, 2012).

Este enfoque de lo mental, particular y poco comprometido, derivó en elucubraciones que asignaban 'estados mentales' a los otros y a uno mismo, coordinados con las acciones sociales. Una suerte de 'lectura mental' o 'mentalización' mediante la cual se pueden inferir los estados internos que dan lugar a los deseos, las emociones, las creencias y las intenciones de los demás. Es más, de la afirmación, sin argumentos válidos, de que la comprensión interpersonal era un logro teórico, surgió el apelativo de 'teoría' que implicaba a una persona que construía y utilizaba una 'teoría' o cualquier mecanismo lógico sustituto sobre la naturaleza de las mentes (Leudar y Costall, 2009).

La ToM es una más de las aristas dogmáticas de la metáfora computacional de la mente que fue transformada en 'verdad objetiva' por la psicología cognitiva, y desde donde se carece de una perspectiva epistémica adecuada como para saber lo que otra persona realmente piensa o siente, o comprender nuestro propio pensamiento y sentir.

Los defensores de la teoría aducen que solo la evidencia experimental puede determinar si alguien, realmente, es capaz de comprender a las otras personas. Surge así la primer dificultad metodológica para validar esta teoría, cual es el hecho de que la experimentación está preñada de condiciones artificiales, sesgadas, y estrictamente controladas como para que se ponga en evidencia que la persona examinada toma cierto 'atajo psicológico', generalmente de índole inferencial, que lo hace comprender qué sienten o están pensando los demás. Los psicólogos cognitivistas toman los datos para sus experimentos de sus 'inferencias teóricas' que surgen, según manifiestan, de la evidencia disponible, la que siempre demuestra estar absolutamente desconectada de las estructuras mentales ocultas que pretenden descubrir.

La Lógica Transcursiva ha demostrado que las inferencias no son parte del arsenal que utiliza la psiquis para generar pensamientos o ideas (Salatino, 2013), por lo cual llegamos a la conclusión de que las ciencias cognitivas que dan sustento a la Teoría de la Mente están en el camino equivocado, porque no logran llegar a la esencia del fenómeno bajo estudio, única forma en que podría tener sentido su propuesta. En pocas palabras, la Teoría de la Mente no es una forma adecuada para analizar el entendimiento social, porque se basa solo en patrones de conducta social aparentes, los que nunca pueden ser confirmados en la realidad, porque surgen de fenómenos no observables.

Más allá de la ausencia de argumentos que convaliden el paradigma de la Teoría de la Mente, su cariz dogmático se hace más evidente aun cuando esta propuesta cientificista y autosuficiente que la sustenta se vuelve refractaria a las evidencias neurobiológicas, más

allá de la escasa y viciada evidencia empírica con que se cuenta.

2.0. SUPUESTAS BASES NEURALES

Más propias de una 'Impostura intelectual' al estilo de Alan Sokal y Jean Bricmont, que de una 'serendipia' surgieron en 1996 las 'neuronas espejo' en manos de Vittorio Gallese y su equipo, en el Instituto de Fisiología Humana de la Universidad de Parma, Italia. Las neurociencias cognitivas suponen que esta es la base neural indiscutible de la Teoría de la Mente.

Hasta los mismos defensores de la teoría de que 'entendemos la acción' porque la representación de esa acción es activada en nuestro cerebro, han puntualizado una serie de evidencias que muestran que los datos obtenidos en los monos no prueba esta teoría de la cognición basada en las 'neuronas espejo', como tampoco la dudosa existencia de estas células en el humano dedicadas al 'entendimiento de la acción', capacidad que aunque no posea una definición homogénea entre los investigadores, ha sido asignada como explicación hasta de la percepción del habla, o como un puente necesario entre el 'hacer' y el 'comunicar' (Rizzolatti & Arbid, 1998).

Otro problema con las 'neuronas espejo' es que su existencia y su comportamiento han sido inferidos a través de una serie de medios indirectos, que carecen de especificidad (Tomografía por Emisión de Positrones (PET), Resonancia Magnética Funcional (fMRI), Estimulación Transcraneal (TMS), Potenciales Motores Evocados (MEP), entre otros) (por ejemplo: Baron-Cohen et al., 2013). Dado lo anterior, es que no hay evidencia firme de que en el mono, las 'neuronas espejo' permitan el 'entendimiento de la acción'. Por otro lado, la

relación entre las ‘neuronas espejo’ de los monos y el ‘sistema espejo’ del humano, no es paralela o peor aún, es indeterminada. En el humano, el ‘entendimiento de la acción’ (si es que esto existe) está disociado de los aspectos neurofisiológicos del supuesto ‘sistema espejo’. Hay una franca disociación entre el supuesto ‘entendimiento de la acción’ y la ejecución de la acción. El daño de la circunvolución frontal inferior, la zona cerebral humana homóloga a la F5 del mono, que es donde se ‘encontraron’ las ‘neuronas espejo’ por primera vez, no se correlaciona con un déficit del ‘entendimiento de la acción’. Finalmente, la generalización del ‘sistema espejo’ al reconocimiento de la voz falla por cuestiones empíricas. En resumen, por fascinante que sea la propuesta de la existencia y funcionamiento de estas células, nunca ha sido debidamente testeada en monos, y en humanos hay una fuerte evidencia empírica de una doble disociación fisiológica y neuropsicológica que conspira en su contra (Hickok, 2009, 2014).

Merece un análisis especial el apartado del reconocimiento de la voz y el comienzo de la comunicación intencional en el humano, manejado por las ‘neuronas espejo’, dada la importancia que el tema tiene en los autistas que presentan frecuentemente serios trastornos en el manejo del lenguaje, los que son achacados a una dificultad en la elaboración de la Teoría de la Mente.

La osadía de la propuesta (Rizzolatti y Arbid, 1998) es tal que se le asigna una ‘gramática prelinguística’ al control y observación de la acción en el cerebro del mono. Con el objeto de proveer una expresión abstracta del ‘significado’ de la actividad neural de la corteza premotora (area F5 del mono), los investigadores eligieron adherir a la teoría lingüística ‘gramática de

casos' de Fillmore (1968), un derivado de la teoría sintáctica de Chomsky. Este abordaje del lenguaje considera la existencia de una estructura superficial y otra profunda de las sentencias. O una estructura imperativa (asignada arbitrariamente a las neuronas canónicas de la región F5), y, una estructura declarativa (asignada de la misma manera a las 'neuronas espejo' de la región F5 del mono). Luego, de una manera casi mágica se produce una transición de la acción al lenguaje, aplicándosele a los comandos lingüísticos el mismo principio que a los comandos motores, haciendo que el área de Broca 'codifique frases verbales', restringiendo 'frases nominales'. Este 'conocimiento' (objetos o frases nominales) podría estar completamente fuera del área F5 (en el mono) o de Broca (en el humano); por ejemplo, en el lóbulo temporal.

Más allá de la falta total de fundamento que muestra esta extraña forma de sugerir el origen de nuestro lenguaje, en un trabajo anterior (Salatino, 2012, p. 257) demostramos que ninguna de las teorías lingüísticas cognitivas vigentes hoy, cumple con demostrar cómo se produce y comprende nuestro lenguaje, y mucho menos pueden aportar algo sobre su origen, o de las supuestas 'estructuras mentales' que lo soportan.

Según el análisis realizado, la aseveración "*hay evidencia que las mismas estructuras neurales que se activan durante las sensaciones y emociones, se activan también cuando las mismas emociones y sensaciones son detectadas en los demás*" (Gallese, 2001), carece de fundamento, por lo que las *neuronas espejo* no tienen ninguna relación demostrada con la 'representación de la acción', ni con la empatía o ponerse en el lugar del otro.

3.0. EXPLICACIÓN DE LOS RAZGOS "NO SOCIALES" DEL AUTISMO

Haremos un intento de esclarecer, desde la LT, las características 'no sociales' de la conducta del autista, que no pueden ser explicadas por la 'falta' de una Teoría de la Mente.

> *"El lenguaje convencional (el lenguaje que habitualmente hablamos) solo puede aportar significado, es decir, una apreciación superficial y externa de lo que el sujeto percibe y elabora en su contacto con el entorno, pero de ninguna forma es aceptable que se le asigne a un arbitrario código convencional, la tarea de soportar todo el funcionamiento cognitivo y social, y mucho menos, que sea capaz de poner en evidencia sus mecanismos íntimos."* (Salatino, 2018b, p. 398).

Para comprender cabalmente la aseveración anterior es imprescindible que precisemos cómo se estructura y funcionaliza una psiquis estándar, para luego interpretar mejor las diferencias psíquicas que poseen los autistas, determinantes de los déficits sociocomunicativos que muestran estos niños (Salatino, 2021).

Revisemos rápidamente y con un nivel menos técnico, lo que dijimos en otro trabajo (Salatino, 2012, p. 340). Allí se establecieron minuciosamente, los distintos momentos evolutivos del desarrollo psíquico y se hizo una ligera mención al fenómeno de la comprensión. Aquí veremos con más detalle este fenómeno, pero sin dejar por ello de referirnos a las distintas instancias que la posibilitan.

Prestemos atención a la Figura 1. En ella se puede observar una serie de sucesos, que de alguna manera,

representan los elementos que intervienen en la formación de la primera estructura lógico-relacional que sustentará la actividad cognitiva propiamente dicha, es decir, la *especie*.

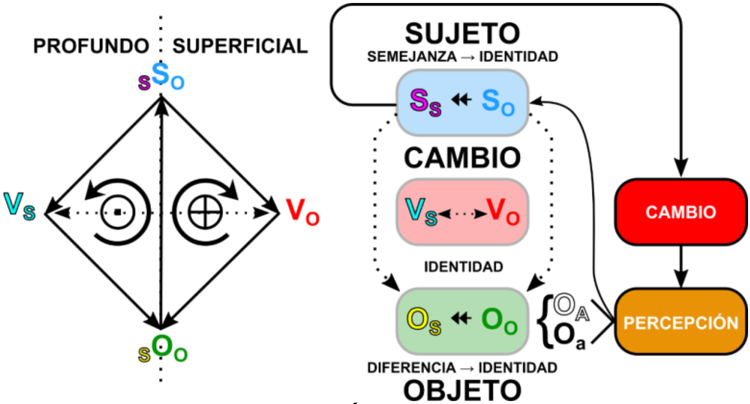


Fig. 1. FORMACIÓN DE UNA ESPECIE
Referencias: O_a: Objeto auténtico – O_A: Objeto aparente O_O: Objeto objetivo - O_S: Objeto subjetivo – S_O: Sujeto objetivo S_S: Sujeto subjetivo - ⊕: XOR ⊙: XNOR

Como vemos en la figura, todo comienza con un cambio, externo o interno, que es lo que se percibe en primera instancia. De este modo, se puede comprender por qué el autista tiene problemas con el lenguaje, ya que estos niños se resisten al cambio. Esto es, existe una necesidad imperiosa que debe ser satisfecha y la percepción es el único medio para lograr tal satisfacción. Cabe agregar, que por ahora no importa de qué se trata lo percibido. Además, como también muestra la figura, la formación de una especie pasa por dos etapas que deben lograr: a) la identidad del objeto y b) la identidad del sujeto.

Etapa a: la identidad del objeto es un proceso que se dispara luego de la percepción de un objeto auténtico (Oa) destinado a paliar una necesidad vital. Una vez que ésta se satisfizo, reaparece con la ausencia de Oa, generando un objeto aparente (O_A), que atenúa la insatisfacción sin eliminarla y reemplaza al sujeto(objeto) necesitado y de ese modo, genera lo percibido, esto es el objeto objetivo (O_O).

Evolucionada esta situación y tras tolerar la co-presencia del O_A y el O_a, se da lugar a un objeto subjetivo (O_S) que certifica las diferencias entre el O_O y el sujeto como objeto o sujeto objetivo (S_O). Queda establecida de esta forma la primera relación entre el S_O y el O_O, dejando constancia así, de un cambio o transformación operada en la superficie, que es lo evidente o aparente: el cambio objetivo (V_O) y la conformación de la *identidad del objeto*, con sus dos vertientes: O_O (el superficial) y O_S (el profundo). El mecanismo principal para lograr esta identidad es 'asumir diferencias', que el autista no tolera.

Etapa b: Las diferencias aceptadas en la etapa anterior no resuelven la ausencia de una fuente de satisfacción para su necesidad y esto es debido a que el supuesto cambio infligido por el S_O parece no ser tal, por lo que se debe buscar algún otro elemento, de preferencia no-organizado, que sea capaz de transformar al O_S. Esto último, finalmente se logra abandonando (negando) el proceso organizativo usado hasta ahora y generando un sujeto subjetivo (S_S) al tolerar que, sensaciones distintas, puedan ser percibidas por sujetos distintos pertenecientes a la misma categoría.

Así se conforma, por un lado, la *identidad del sujeto* con sus dos vertientes: S_O (el superficial) y S_S (el profundo) y por otro, se establece una segunda relación o cambio en la profundidad: el cambio subjetivo (V_S), esta vez entre el

S_S y el O_S, completando de esta manera una *tercera identidad*. Esta identidad corresponde al *cambio*, que ahora tiene dos vertientes: V_O (el aparente o superficial) y V_S (el oculto o profundo).

El mecanismo principal para el logro de la *identidad del sujeto* es la tolerancia de las semejanzas entre los dos tipos de sujeto, que quedan contenidos y 'diferenciados' en una categoría. Esta etapa está vedada al autista, por lo que la falta de identidad del sujeto (que queda tácito) y del cambio (que no se percibe) dejan 'incompleta' su conformación psíquica.

Ahora, ya tenemos los cuatro elementos que constituyen una *especie*, a saber: sujeto (S), objeto (O), las diferencias objetivas que los unen (V_O) y las semejanzas subjetivas que los separan o *categoría*, que está representada globalmente, por V_S. El esquema de la izquierda de la Figura 1 deja constancia de esta estructura de la *especie* y de la dinámica descrita.

Como indica la figura 1, este proceso es cíclico, se repite pasado un tiempo y predispone para lograr la satisfacción completa. Esta última ocurre cuando pensando se encuentra el sentido de algo y aparece la "verdadera comprensión" de un hecho determinado. Dicho de otro modo, cuando la tensión acumulada a través de múltiples insatisfacciones se descargue mediante una respuesta concreta, que certifique la interpretación cabal de la situación planteada. Por este motivo, el autista no le encuentra sentido a nada que tenga que ver con lo sociocomunicativo.

Una especie conforma el sustrato adecuado para poder expresar circunstancias, sentimientos, ideas o pensamientos, como la música. Sin embargo, ésta no es un estímulo que afecte la percepción, sino un logro

perceptivo que dispone de elementos equivalentes a los musicales (Salatino, 2018b, p. 249). Por tal razón, la musicoterapia sigue siendo una herramienta terapéutica útil en el caso de los niños con Trastornos del Espectro Autista.

Hay una serie de peculiaridades del funcionamiento del sistema nervioso central (SNC), que se conocen como 'geometría funcional' y que incluyen neurogénesis y plasticidad, circuitos neuronales, el SNC como sistema controlado y regulado en forma autónoma, el acoplamiento eléctrico entre neuronas, la bi-ritmicidad de algunas neuronas que fungen como detectores de simultaneidad, la neuromodulación y la conmutación o biestabilidad de toda una red influyendo sobre una neurona, que justifican una conformación inicial de la psiquis del ser humano, como la que hemos descrito (Salatino, 2018a).

El otro aspecto que debemos puntualizar, si pretendemos entender a qué nos referimos cuando hablamos de 'habilidades sociales', es definir qué es un hecho real desde el punto de vista social.

3.1. LÓGICA DE UN HECHO REAL DESDE EL PUNTO DE VISTA SOCIAL

Hay una serie de relaciones que ligan los elementos fundamentales que determinan un acto social elemental.

La figura 2 nos confirma, por un lado, las interrelaciones que se establecen entre el deseo y la creencia en un individuo social, vale decir, el carácter impuesto o voluntario de cada uno de ellos y el surgir desde allí de las distintas creencias (Tarde, 1895, p. 12). Los códigos asignados en el gráfico obedecen al haber considerado el deseo como patrimonio del sujeto y la creencia como un objeto de ese deseo.

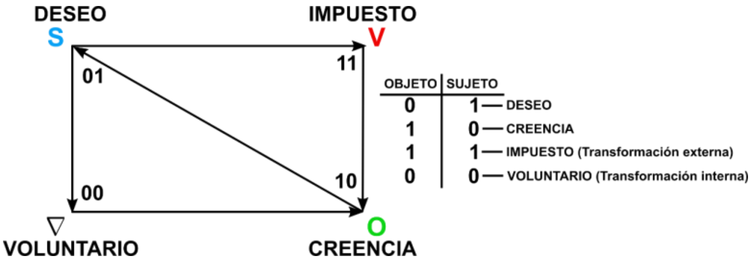


Fig. 2 PAU DE UN ACTO SOCIAL ELEMENTAL

Este esquema corrobora, sin lugar a duda, que el núcleo lógico de todo acto social, tal como lo vemos aquí, es un patrón autónomo universal (PAU), de acuerdo con la definición que da la Lógica Transcursiva (LT) (Salatino, 2017).

Por otro lado, las necesidades que dan origen al acto social se ven satisfechas a través de los 'patrones sociales' que se evidencian, individualmente, en el comportamiento del sujeto o individuo y a nivel social, en la conducta de una persona, mediante una serie de 'figuras sociales'.

Estas "figuras sociales" tienen la función fundamental de establecer el 'rol social', que se manifiesta en una conducta determinada, limitada por una norma (Salatino, 2009) (Figura 3).

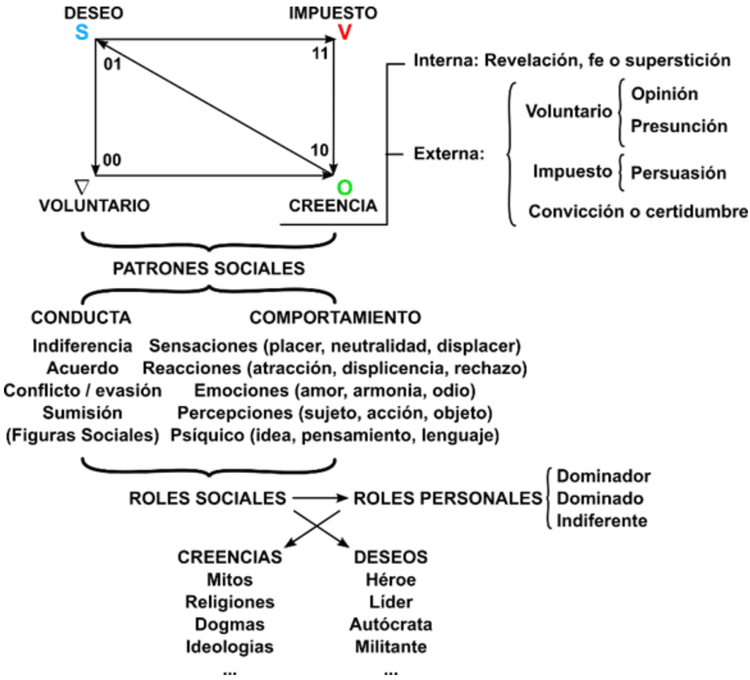


Fig. 3. LÓGICA DE LAS RELACIONES SOCIALES

Los dos aspectos sociales considerados son vitales a la hora de establecer cómo es que adquirimos nuestro lenguaje natural (Salatino, 2018b, p. 274).

4.0. SOBRE LA REALIDAD SUBJETIVA

La Lógica Transcursiva (LT) nos muestra una realidad que no es un yermo exento de vida, sino todo lo contrario, es lo que contiene todo aquello que es posible gracias a la vida, pero que no se puede mostrar directamente, sino solo a través de sus inconfundibles manifestaciones. La realidad subjetiva es todo lo que no se ve, pero sí se percibe y se siente y a lo que todo ser vivo tiene que responder en el duro trajinar de inscribir,

en ‘carne propia’, su historia. Aquello que nos afecta en forma directa y se manifiesta indirectamente por su presencia. Desde la realidad subjetiva no tiene sentido distinguir entre realidad y ficción, porque el ensamble de todos los mundos posibles es el único mundo posible fuera de la monocontextura.

La visión que nos otorga nuestra realidad subjetiva, sobre la realidad cotidiana es de pura ficción; es como el sonido de la campana que utiliza el no vidente para ‘ver’ la hora en el reloj del campanario de la iglesia. La realidad subjetiva es transparente, no proyecta sombra alguna, no deja huella en el camino, aunque sí en el sujeto que la ostenta. La LT permite pesquisar esas huellas y proyectarlas en la conducta y comportamiento evidentes, sin sentir la influencia de esquemas y formalidades que respondan a una ley determinada vigente en el contenido monocontextural.

En la realidad subjetiva lo que tiene sentido y lo que no lo tiene, no está irrevocablemente determinado por una convención sociocultural, sino por aquello que ‘haciéndose carne’ puede ser relacionado con el único entorno en donde es posible sobrevivir. Proyectar lo subjetivo no es hacer perfectamente cotidiano y natural lo fantástico, lo alucinatorio, la alienación transitoria del devaneo, ni convertir en ley una sensación de irrealidad. Es mostrar la historia evolutiva que permitió que todo ser vivo, de acuerdo con su complejidad, pase por las etapas acumulativas de sujeto, individuo y persona, según sea el caso. (La LT permite describir esas etapas).

La realidad subjetiva, vista desde la monocontextura (desde nuestro universo) presenta características que la hacen opaca a nuestra ignorancia, porque como ya dijimos, no se muestra directamente, sino que se

sugiere. Su atemporalidad interna cual urdimbre onírica, la falta de un límite neto entre la vida y la muerte, la identidad escindida, la convivencia sujeto/objeto son algunos de los factores que la ligan a la existencia de todo ser viviente.

Es como si ese mundo extraño, a pesar de ser tan propio como único, fuera el producto de un ataque vesánico que lo obligara al sujeto a expresarse en un lenguaje aparentemente incomprensible y desconocido, por lo menos, para los 'cuerdos' que habitan la monocontextura. Es una manifestación que siendo contraria a las reglas y a las normas que nos obligan a una concepción sin límites de nuestro limitado mundo, nos faculta para tener una percepción, ni mejor ni peor, sino distinta de la realidad.

La realidad subjetiva es ese ámbito inefable en donde se puede llegar a un conocimiento verdadero (con sentido) y 'encarnado' sin mediar comprobación empírica alguna, como tampoco un sustento lógico o racional que asegure el cumplimiento estricto de las llamadas 'leyes de la naturaleza', esas que vistas desde la policontextura parecen ser meros *obiter dicta*[25].

Cuando lo que se percibe no coincide con las evidencias que se muestran, no necesariamente estamos frente a estado de enajenación (locura, insania). Podríamos decir, sin temor a equivocarnos demasiado, que cuando esto ocurre es porque algún contacto no habitual se ha producido entre la aparente realidad objetiva y la ineludible subjetividad.

La realidad subjetiva no tiene relación con las cosmovisiones religiosa, poética y metafísica que

---

[25] Dichos de paso, que nunca terminan siendo leyes (Nota del autor).

planteara Dilthey (1949) en sus 'Ciencias del espíritu', ni con paradigmas que estén sufriendo una actualización en un intento de sobreponerse a la obsolescencia de viejos esquemas. Tiene que ver con verdades o creencias, necesidades o deseos que nos hacen 'ver', en forma individual, un universo en el que se dirime nuestra vida, nuestro conocimiento y nuestro lenguaje natural, entendiendo este último en el sentido que le da la LT.

Esta realidad, que involucra una actividad vital, psíquica y social, no se relaciona con la objetividad que trata de imponer la ciencia, ni la lógica que la sustenta o la filosofía que la justifica. Por lo tanto, no está condicionada por el grado de desarrollo social, ni por el status científico, ni el nivel de instrucción. Las ideologías, las religiones, la ciencia o las doctrinas políticas influyen en la concepción que cada uno tiene de la realidad en función, estrictamente, de las creencias o verdades sociales que son consecuencia directa de la necesidad imperiosa de ser considerado.

Cada ser viviente tiene la capacidad de formar una estructura interna que le permite adaptarse para seguir vivo. De alguna forma, se podría decir, que cada sujeto genera un modelo del ambiente en donde aprende a mantener su vida, a 'dialogar' con su entorno y a relacionarse con sus semejantes. No es una 'estática imagen interna' que con correspondencia uno a uno y atada a un tiempo específico, nos dé la información básica de una supuesta 'verdad absoluta', como pretenden hacernos creer las teorías modernas, al considerar al espacio como el 'contenedor' de dicha realidad. En esta estructura interna que estamos planteando radica la posibilidad de generar una realidad subjetiva que, según la complejidad del ser vivo de que

se trate, podrá ser construida a través de su biología, o de la biología más la actividad de su sistema nervioso, o de ambas, más su actividad sociocultural.

Según lo anterior, el último de los sujetos que representa al hombre, detenta una acumulación adaptativo-evolutiva de elementos que le permiten afrontar su realidad. Esto no significa que, además, el ser humano tenga la posibilidad de hacer una mejor evaluación de esa, su realidad, según una serie de 'aditamentos' de índole social y por ende aparentes, que lo colocan, supuestamente, en la cúspide de la cadena evolutiva. O dicho de otra forma, aunque obtengamos una respuesta diferente ante la pregunta ¿Qué es la realidad?, hecha a personas con distinto nivel de instrucción, no quiere decir que 'comprendan' esa realidad acorde al sentido común que permite una explicación empírica. Como tampoco, desde una visión crítica que fundamente una explicación científica, ni mucho menos, desde supuestas causas primeras dentro de un orden natural que justifican, sin hacerlo, una reflexión fundamental y sistemática.

Cada ser vivo tiene la realidad que necesita. Por esa razón, carece de sentido toda pretensión definitoria, a excepción de la del hombre que al estar inmerso en un sistema al que trata de definir, siendo parte de esa definición, es incapaz de sostener una 'objetividad' que alcance los inconmensurables límites que se le asignan. El simple hecho de tener que cumplir con una mera convención, no le deja ver la realidad que se esconde tras la apariencia.

Cada ser vivo tiene la realidad que su nivel evolutivo le permite reconocer; por lo tanto, es dependiente de su

sistema bio-externo[26], y dentro de él, del sistema nervioso o su equivalente. En el caso del hombre, no tiene nada que ver con la concepción ingenua que tenía Kant en este sentido y que de alguna u otra forma, ha sido y es la que sostiene la ciencia, sobre todo, la investigación moderna. Esto no quiere decir que cada especie ‘vea’ al universo que lo rodea de una manera distinta, según sus diferencias biológicas, sino que, y de acuerdo con su nivel de complejidad, como ya dijimos, construye dicha realidad en función de sus necesidades, pero guiada por un único lenguaje; un *lenguaje universal* que las asocia a todo lo que tiene o sirve para generar vida.

- Las pautas de lo viviente

Según nuestro enfoque, algo puede ser considerado vivo si:

a. El origen, el orden y la función de los elementos básicos que permiten la vida son inseparables y universales.

b. Si en vez de mostrarnos una ‘instantánea’ de su presente nos refleja su historia y su clara intención de sobrevivir.

c. Si no exhibe un límite preciso entre él y lo que no tiene vida.

d. Si en su conformación intervienen unidades elementales que son evolutivas, que hacen a lo ‘viviente’ más que a ‘unidades de vida’.

[26] El sistema real que abarca su cuerpo y los objetos externos a él.

e. Si sus formas primordiales son más simples (o menos complejas) que las formas finales, aunque ambas partan de la misma estructura básica.

f. Si tiene en su 'base' la misma 'estructura lógica de relaciones' elemental que todo lo vivo. Si lo rige el mismo lenguaje universal que a todo lo demás.

g. Si su condición de viviente surge de la distinción entre un nivel superficial (aparente) y un nivel profundo (oculto). Y por cómo el nivel profundo se proyecta en el superficial dando origen a un cambio o transformación entre lo cuantitativo y lo cualitativo, generando un ciclo que vuelve a comenzar en forma indefinida.

h. Si las propiedades emergentes (aparentes) son discretas, mientras que aquellas que controlan las transiciones profundas son continuas.

Por lo tanto, los criterios mayores necesarios para entender lo viviente, tal como se lo presenta aquí son: el orden, el desorden, el cambio, la frontera, el comportamiento cíclico y sus dimensiones: estructural (1D), dinámica (2D), funcional (3D) y trascendente (4D). Estas pautas podrían acotarse aún más si dijéramos que el enigma de la vida se restringe a resolver un único problema: encontrar sentido a la realidad con la sola intención de sobrevivir.

El proceso de dar sentido a lo real que aquí conoceremos como 'semiosis' o 'acto sémico', no queda restringido a una Biosemiótica o semiótica de la vida. Antes bien, es considerado como un verdadero proceso viviente en donde 'los aspectos contrarios' se funden en una unidad compleja que, en total acuerdo con todo lo real, se transforma en signo de una mediación entre contexturas.

Este proceso cíclico es el motor oculto que promueve en el ser vivo los saltos en el tiempo, por la delgada línea unidireccional del eterno presente que separa su pasado de su pretérito futuro[27].

La semiosis es considerada como el fruto de una evolución que nunca termina y que ha llevado a la vida y sus expresiones a lo que hoy conocemos. En esa evolución lo vivo fue adquiriendo un 'lenguaje universal' (LU), que es el factor que estructura la realidad en su conjunto.

Es probable que se haya constituido primero el entorno y le siguieran a continuación escarceos de vida que para poder diferenciarse previamente y mantener esa diferencia después, tuvieran que asimilar la estructura

---

[27] "Lo que fue, será." Se tiene una respuesta antes que el futuro se haga presente. Este futuro no es un 'futurable', es decir, no es un futuro posible condicionado en causa y efecto, sino solo en la causa, por algo que ocurrió con anterioridad. Podríamos de alguna manera asemejarlo a un 'futurible', por ser similar al futuro deseable de Bertrand de Jouvenel (1967, p. 18) y digo similar porque aquí, a diferencia de lo propuesto por este autor francés, el deseo no se origina necesariamente en un cuestionamiento de la situación presente, cuyo origen está en lo que se aprendió en el pasado, sino que por haberse originado y satisfecho en el pasado, determina el futuro. "*Si algo no fuera lo que fue, seguramente no es lo que parece ser*." Esto no es hacer 'prospectiva' o imaginar un futuro, es predecir el futuro para dar cumplimiento a un solo deseo: seguir vivo. No debe confundirse con el tiempo de verbo futuro anterior que describe una acción que va a desarrollarse en el futuro, pero que ya quedó completamente definida en el pasado, es decir, que indica una anterioridad de la acción. En el pretérito futuro nada se dice de la acción en sí, solo del ubérrimo pasado, además no es un tiempo verbal. ¡Es un tiempo vital! (Nota del Autor).

lógica (relacional) de lo que los rodeaba. Configurándose lógicamente, en forma homóloga aprendieron y pudieron evolucionar, esto es, sobrevivieron.

Posteriormente y como consecuencia de haberse desarrollado un sistema de control interno, el sistema nervioso central (SNC), habría surgido la posibilidad de estructurar sobre la base del mismo LU, encarnándolos, el manejo de ciertos procesos que por repetitivos, se automatizaron y sirvieron para una mejor adaptación a las exigencias y una mayor aptitud para mantener su condición de vida.

El crecimiento exponencial en la complejidad de los distintos sistemas desarrollados promovió un mayor consumo de recursos. El agotamiento precoz de estos obligó a reponerlos y el modo de reposición, escindió el mundo biológico en dos grandes subsistemas. Por un lado, el de los vegetales y seres simples que, o bien generan sus propios recursos valiéndose del entorno o bien los tienen a la mano. Por otro lado, el de los animales en quienes su SNC, les permite buscar el sustento que fueron incapaces de producir, obligándolos a grandes desplazamientos.

Los peligros que amenazan la vida en el largo camino hacia el logro del sustento, obligan a estructurar un mecanismo de alerta para protegerse de tales amenazas. Surge la *protopsiquis*, que además permite controlar mejor los mecanismos automáticos surgidos de la experiencia[28].

La aparición de otros organismos individuales hizo imperioso el surgir de algún medio de comunicación

---

[28] "Los procesos psíquicos nacieron […] bajo la presión selectiva, tienen un valor de conservación de la vida y la especie […]" (Lorenz & Leyhausen, 1979, p. 6).

entre ellos, para asegurar dos aspectos importantes: en primer lugar, sobrevivir, a través de reforzar las tareas individuales con las grupales en pos de prolongar la vida y en segundo lugar, de perpetuar la especie. Lo anterior sugiere que, fuera del LU que como base sustenta la estructura de toda la realidad, apareció otro lenguaje que fue utilizado como medio de comunicación entre pares, pero no con el objeto de transmitirse información entre ellos, sino como un modo de lograr distintos niveles de reorganización de la realidad circundante. Todo con el único fin de una mayor y más adecuada adaptación, este lenguaje es el lenguaje natural (LN).

La Figura 4 resume el proceso de semiosis descrito anteriormente.

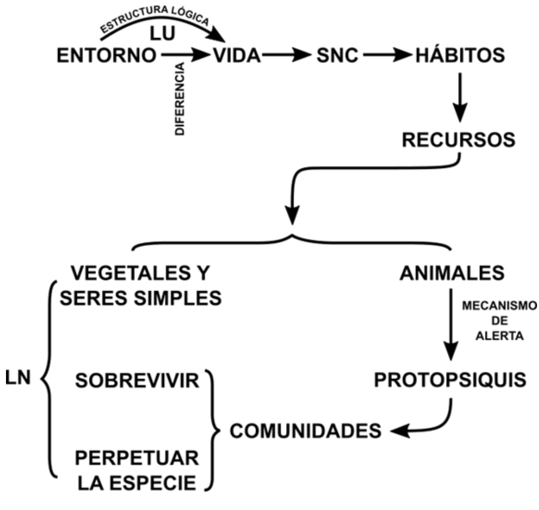


Fig. 4. SEMIOSIS COMO EVOLUCIÓN DEL LENGUAJE UNIVERSAL
Referencias: LU: lenguaje universal – LN: lenguaje natural

5.0. BASES PSICOBIOLÓGICAS DE LA COMPRENSIÓN EN EL LENGUAJE NATURAL HUMANO

El lenguaje natural humano constituye el medio comunicativo que opera reorganizando la realidad circundante y su naturaleza es simbólica. El símbolo, según lo ve la lógica transcursiva, representa un tipo de identidad, pero escindida. En otras palabras, tal como sucede con los actores reales, sujeto y objeto, el símbolo tiene dos vertientes, una superficial y otra profunda. La primera es la que se hace evidente en el significado del lenguaje cotidiano y como no guarda relación con la psiquis, sólo puede ser interpretado. En cambio, la profunda queda 'anidada' en la función psíquica o sea, en el pensamiento que se puede comprender.

La dinámica del lenguaje natural está sustentada, según la propuesta aquí presentada, en un origen psíquico de la vertiente profunda del símbolo que deriva de una idea. La estructura psíquica da lugar al 'registro histórico' del sujeto (o memoria estructural) pero además, sirve de 'molde' (Por eso lo llamamos ADN psíquico) para generar los pensamientos. Estos, desde el punto de vista lógico transcursivo, son la 'negación' de las ideas; única forma de lograr una aproximación a lo profundo de la realidad subjetiva (Salatino, 2009). El pensamiento así constituido representa el 'germen' del símbolo y una nueva negación, lo transformará en una manifestación superficial que no será otra cosa que un 'reflejo' particular de un pensamiento y una 'imagen' filtrada de la realidad percibida con anterioridad, pero sin ninguna relación con ella.

Haciendo uso de la metáfora de los colores quizás podamos vislumbrar mejor la propuesta.

Decíamos en otro trabajo (Salatino, 2018) que un color determinado representa en esta realidad particular, un hecho real. Cuando este hecho real es percibido por un sujeto, lo aportado por la evidencia, la memoria estructural lo registra y se integra a la estructura psíquica, por medio de una idea. Una negación del color registrado, esto es el color complementario, pasa a constituir la función psíquica, que al tomar la idea anterior como argumento, se transforma en el pensamiento. Este color complementario tiene una cierta ‘saturación’, o sea, está más o menos ‘iluminado’. Aquí, esta iluminación no es otra cosa que el ‘nivel de consciencia’ con que está siendo considerado. La subjetividad le agrega un cierto ‘grado de transparencia’ al color obtenido. Queda así conformado un signo comprendido, que es la vertiente profunda de ese símbolo.

Llegada la hora de ‘comunicar’ la experiencia vivida, sobre el pensamiento formado (el color complementario), se produce una nueva negación con lo que se obtiene otra vez el color primario percibido, la vertiente superficial del símbolo. En realidad el producto obtenido y que finalmente será comunicado, no es para nada igual al percibido ya que el filtro psíquico le agregó ‘luminosidad’ y ‘transparencia’, dos características que lo modifican pero que no se pueden transmitir mediante una simple expresión verbal, de allí la falta de relación entre ambas vertientes simbólicas.

El color resultante y que será supuesto por un interlocutor en una expresión es ‘del tono’ del percibido anteriormente. Es decir, se parece bastante pero no tiene todas las características perfectamente conservadas, haciendo que la ‘experiencia contada’ por el sujeto, solo produzca una idea aproximada en su

interlocutor, que aunque no le genere estructura psíquica como cuando él percibe un hecho, es suficiente para poder entenderlo, al lograr una reconstrucción psíquica convenida, muy aproximada gracias al código lingüístico, de la experiencia vivida por quien se lo cuenta.

Es muy importante hacer la diferenciación entre comprender y entender. Entender es percibir el significado de algo, aunque no se lo comprenda. Mi interlocutor puede entender lo que le digo al relatarle el 'color percibido' por mí, pero no me comprende. Con otros términos, encuentra el significado a lo sucedido, más no el sentido. Por esta razón es muy común que alguien que escuche nuestro relato de un hecho representado por un 'color', nos diga: "*te entiendo, pero*…". Si lo hubiera comprendido, el "*pero*", no existiría. El planteo que hemos hecho de una situación en extremo ficticia, podría dejar la sensación de que esto no es lo que ocurre habitualmente, sin embargo, solo hay comprensión cabal de algo, cuando ese algo es vivido por nosotros mismos. Es decir, que forma parte de nuestra 'experiencia encarnada' y no es solamente una 'imagen holográfica' de esa realidad, como la que se genera cuando nos relatan algún hecho usando el lenguaje convencional, y nosotros, jamás hemos pasado por esa situación.

Para quien escucha el relato, el hecho real, esto es el 'color percibido', será una expresión lingüística, que estará 'teñida' del mismo tono convencional del 'color', aunque con matices, que su interlocutor había percibido. El diálogo es posible gracias a que ambos hablantes tienen en su estructura psíquica una organización lograda por la experiencia, que concuerda con los hechos reales. Por ende, la estructura de lo expresado guarda una relación convencional y normativa con lo

sucedido, establecida por la cultura. Pero los fundamentos psíquicos de la comprensión no son visibles en la superficie, para quien percibe la expresión y no el hecho, sino que queda aferrada en la psiquis del hablante como fundamento lógico de lo subjetivo y esto es porque se comprende el hecho real que está asociado al código de superficie. Así, mi interlocutor me entiende, pero no me comprende. Si se diera la posibilidad de que él hubiera pasado por la experiencia de percibir un hecho de similares características, es posible también que haya una interpretación basada en categorías lógicas, además de entendimiento, pero que de ninguna manera se equipara a mi comprensión que está basada en especies. La comprensión, como la subjetividad misma, es un aspecto absolutamente individual y no transferible, por tanto, lo mismo me ocurrirá cuando mi interlocutor me relate algo vivido por él.

A modo de resumen, proponemos la Figura 5 que trata de considerar lo que ocurriría durante la comunicación en un acto sémico (semiosis), entendida como expresión de un hecho real y en donde quedan explicitados los mecanismos psíquicos (propiamente subjetivos) de: percepción, comprensión / entendimiento(interpretación) y producción de una expresión lingüística, además de las unidades operativas de los distintos sistemas reales que manejan el otro nivel “lingüístico” de la realidad: el lenguaje universal.

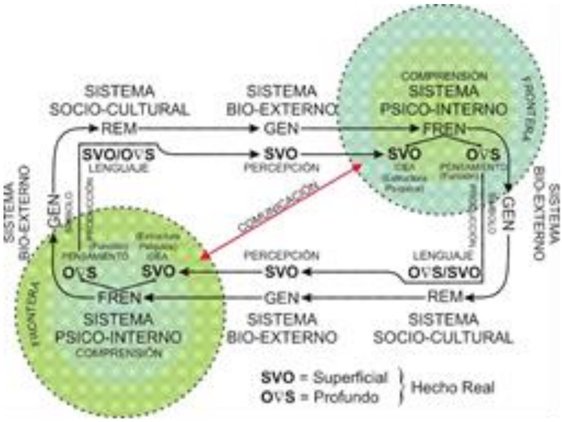


Fig. 5. PROCESO COMUNICATIVO DURANTE UN ACTO SÉMICO

Referencias: GEN: unidad operativa del sistema bio-externo – FREN: unidad operativa del sistema psico-interno – REM: unidad operativa del sistema sociocultural (las tres unidades operativas responden a la unidad lógica del lenguaje universal o PAU) – SVO: aspecto superficial de la realidad percibida (el parecer), estructura psíquica (la idea), vertiente externa del símbolo (la convencional) - O∇S: aspecto profundo de la realidad percibida (el ser), función psíquica (el pensamiento) y generadora de la vertiente interna del símbolo - FRONTERA: o filtro psíquico

Se puede observar en la figura el proceso comunicativo con sus actores principales que ofician en forma alternativa, como productor y receptor, respectivamente. Algo que trata de reflejar la tonalidad bicolor de los círculos: azul externo funciona como sujeto (fuente del cambio = productor), verde externo funciona como objeto (destino del cambio = receptor). Cada uno mantiene su 'núcleo' opuesto en la profundidad haciéndose evidente,

en forma oscilatoria, (por turnos) durante la mecánica de todo el proceso de apertura/cierre que se da en la frontera, sellando lo objetivo con indeleble subjetividad. En el hablante se da la siguiente sucesión de procesos: aprender ⇒ conocer ⇒ comprender, mientras que en el oyente: aprender ⇒ conocer ⇒ entender(interpretar). Parafraseando de alguna manera a Wittgenstein podríamos expresar lo anterior en el siguiente aforismo: *"Se puede entender e interpretar lo que se dice y se escucha, pero solo se llega a comprender lo que se calla"*.

Toda esta dinámica está asegurada, como se muestra en el esquema, por el mantenimiento persistente del núcleo lógico fundamental que representa el lenguaje universal, sobre el que está estructurada y funciona toda la realidad subjetiva, como ya hemos visto repetidas veces.

En un intento de enfocar lo hasta aquí considerado desde una visión práctica, abordaremos el tema de la ironía como una muestra de las distintas facetas involucradas en el proceso comprensivo de nuestro lenguaje natural, y para que, cuando abordemos los trastornos psíquicos que aquejan a los que padecen de Trastornos del Espectro Autista, asimilemos cabalmente, porqué estos niños no comprenden el doble sentido ni pueden colocarse en el lugar del otro, siendo esclavos de la literalidad.

6.0. LA IRONÍA COMO MODELO DE LA COMPRENSIÓN

La ironía representa en su mayor parte, un elemento eminentemente pragmático. Prueba de ello lo da el bagaje cultural del que hay que disponer para interpretar una expresión irónica. Lo dicho irónicamente en una

cultura y mediante una lengua determinada, puede no resultar irónico en otras circunstancias, aunque lo irónico siempre esté presente. No obstante ello, se toma la figura de la ironía porque más allá del lenguaje mismo, su figura discursiva tiene muy bien demarcados los mecanismos de producción y sobre todo los de la comprensión.

La ironía es una de esas ‘raras estructuras’ de nuestro lenguaje que nos muestra, sin veladuras, la realidad tal como es, ya que por debajo de su aspecto superficial (evidente) manifestado en el significado literal, aflora su esencia, lo profundo: el sentido. No hay ninguna otra estructura simbólica que tenga esta propiedad, es decir, la de llevar el ‘pensamiento’ a ‘flor de piel’. Es por esta razón que la ironía constituye un material ideal para investigar los mecanismos cognitivos de nuestra psiquis y entre ellos, los dedicados a la comprensión de nuestro lenguaje natural.

Ironía deriva del término griego *εἰρωνεία* (*eironeia*) que significa “*simulación*”. El simulador (*eiron*) finge ignorar aquello que conoce, disimulando así su verdadera intención. Sin duda, la estructura psíquica que produce una aserción irónica, debe estar facultada para comprenderla si se la recorre simultáneamente en sentido inverso, por decirlo de alguna forma. Caso contrario, resulta inadmisible que quien profiere una ironía no comprenda lo que está diciendo, a no ser esté afectado por alguna patología. Por otro lado, hay que considerar un detalle no menor, un hablante no es solo tal, sino que pasa alternativamente a ser oyente y viceversa, por lo que un mecanismo de ‘ida y vuelta’ debe ser seguro y simultáneo. Teniendo en cuenta lo anterior intentaremos analizar en forma sencilla las supuestas bases psicobiológicas de su comprensión.

En una situación discursiva en donde se platee la ironía frecuentemente, la intención oculta se hace manifiesta por el contexto, la entonación, el lenguaje corporal que intenta dar a entender algo distinto de lo que se está diciendo en modo verbal, de allí la importancia de lo cultural. Cualquiera sea la manera de hacerse evidente, la ironía es una forma que irrumpe en la comunicación humana desde el mismo surgir del lenguaje.

En los albores del conocimiento ya se tiene registro de ella y desde su lugar como tropo en la antigua retórica hasta su uso persuasivo en un discurso político actual, la ironía es un acompañante incondicional de nuestro lenguaje natural.

Un aspecto lingüístico que haya sido abordado desde tantos puntos de vista nos tiene que llamar la atención. Llevamos más de 2000 años tratando de definirla y aún hoy, no hay una respuesta definitiva, por lo cual, no creo que haya demasiado error si se considera a la ironía como un universal que, más allá de los matices que lo tornasolan, ostenta un núcleo fundamental de naturaleza compleja y absoluta constancia.

La lógica transcursiva puede definir ese núcleo a que hiciéramos referencia y lo puede hacer desde que la ironía tiene como base lógica un PAU (patrón autónomo universal). De tal forma que, si se logra demostrar lo anterior, podríamos generalizar el concepto y decir, basándonos en la propuesta presentada en este trabajo, que toda la realidad subjetiva es irónica, no por representar una 'burla disimulada', tal como la define el diccionario, sino porque lo subjetivo, en su manifestación explícita, está representado por solo algunos de los aspectos que lo sustentan.

Dada la trascendencia que actualmente tiene en la pragmalingüística el discurso irónico, tomaremos una de las tantas teorías de esta especialidad sobre la ironía, para contrastarla con el enfoque lógico transcursivo.

Se ha elegido la *teoría de la relevancia* propuesta por Sperber y Wilson en 1986 básicamente porque, más allá de ser una teoría con una importante vigencia, intenta hacer un aporte a la comprensión de los procesos cognitivos que se suponen brindan elementos que permitirían determinar lo implicado a través de lo dicho. Además, muy utilizada para fundamentar algunos aspectos de la Teoría de la Mente. Los autores tratan de cubrir la brecha que, en el uso diario de nuestro lenguaje, se da entre lo que se dice textualmente y lo que realmente se quiere comunicar y lo hacen desde la aplicación de distintos mecanismos inferenciales.

Antes de abordar lo que la teoría propuesta nos dice sobre la ironía, vamos a ubicarla en el contexto científico. Adepta sin discreción a la teoría modular de la mente de Fodor, "*Siguiendo a Fodor (1983), nosotros vemos la mente como una variedad de sistemas especializados, cada uno de los cuales con su propio método de representación y computación*." (Sperber y Wilson, 1995, p. 71) constituye un bastión importante de la psicología cognitiva. Rama de la psicología, recordemos, que supone que la mente funciona de manera análoga a una computadora, aunque arguyendo un no-mecanicismo al suponer que el hombre construyó las máquinas a imagen y semejanza de sus estructuras mentales innatas, según rezan algunos de sus defensores (Gil, 2006, p. 413).

Un enfoque tan dirigido, necesariamente, queda anclado a una perspectiva lógica estrecha y que no es otra que la de la lógica clásica. Sperber y Wilson nos hablan desde

su teoría, de inferencias, como los únicos representantes genuinos de los procesos cognitivos o mentales, es decir, del pensamiento.

Aceptar sin ambages los principios lógicos que rigen a la lógica aristotélica como leyes del pensamiento es como mínimo, una descripción inconveniente (Stebbing, 1965, p. 529) pues sugiere una referencia directa a las uniformidades del pensamiento y a los aspectos psicológicos. (Para que sea pertinente hablar de pensamiento cuando invocamos el punto de vista lógico tradicional, solo podemos estar hablando de pensamiento lógico, cuyo único propósito es arribar a conclusiones a través del razonamiento. Este último surge cuando partimos desde algo que "conocemos" para llegar a algo que, antes de tal razonamiento, nos era desconocido. Conocer algo, ante esta perspectiva, se deriva de una creencia. Para que una proposición sea conocida debemos creer que ella es verdadera. El problema crucial que se plantea es que no se hace distinción entre creencia y conocimiento.

Hay al menos cinco formas de llegar a una creencia (Ibidem, p. 526):

a. Que siempre hayamos creído en algo, que no cuestionamos y ante lo cual estamos inermes frente al error.

b. Basados en la autoridad, que reconoce dos variantes: i) aceptación de una verdad por respeto, y ii) aceptación de una verdad por venir de un experto.

c. Ante la evidencia directa (aparente).

d. Por persuasión, que casi siempre está supeditada al engaño.

e. Por convicción o razonamiento. Mecanismo que es patrimonio de la lógica y por ende, de la ciencia.

Si hablamos del *pensamiento lógico* debemos decir que una de sus características fundamentales es la *pertinencia*, aquella que permite establecer conexiones, pero que a la vez, no exime del juicio que hay que imponer para detectar incoherencias lógicas.

Sperber y Wilson extrapolan la *pertinencia* antes aludida a una *relevancia* como patrón cognitivo universal.

Concretamente, la *teoría de la relevancia* se sustenta en el *pensamiento lógico*, es decir, aquel fundamentado en principios que no pueden ser probados sin presuponerlos. En otras palabras, aporta pruebas relativas a algo no probado.

Los principios lógicos solo pueden ser probados por sí mismos (argumento circular) y por tanto, dan origen a la auto-consecuencia que los transforma en leyes fundamentales que no pueden ser transgredidas. Esto es lo mismo que decir, según ya lo hemos visto, que se está anclado en una monocontextura.

La fuerte adherencia de los autores considerados a los preceptos fodorianos, los obliga a plantear una arquitectura mental que en nada se distingue de la de un *compilador* (Fodor, 1983, p. 41). Estos programas son modulares igual que la mente que pergeñara Fodor inspirado en la frenología de Gall (Domenech, 1977, p. 12).

Al tomar como respaldo la teoría computacional, la *teoría de la relevancia*, en sus rasgos básicos, puede ser tratada por el álgebra de Boole (1854), es decir, por una formalización algebraica de las siguientes operaciones lógicas: *y* (conjunción), *o* (disyunción), y *no* (negación), o

sus equivalentes en la lógica de clases (Colacilli de Muro, 1979, p. 192): intersección, unión y complemento.

Haremos un análisis de la ironía según la ve la *teoría de la relevancia*, la cual afirma que "*la tendencia cognitiva universal a maximizar la relevancia hace posible que, al menos en cierto grado, se puedan predecir y manipular los estados mentales de los demás*" (Sperber, Wilson, 2004, p. 244). De esta afirmación deriva el uso de la *teoría de la relevancia* como una de las justificaciones de la existencia de la Teoría de la Mente.

La Figura 6 muestra un análisis sobre una supuesta producción irónica analizada desde el álgebra de Boole, a través de un ejemplo neutro de una producción irónica basado en la categoría aristotélica sustancia que ontológicamente es caracterizada por el par de conceptos opuestos: sustancia/atributos (Aristóteles, 2004, p. 31), adhiriendo absolutamente a la lógica clásica.

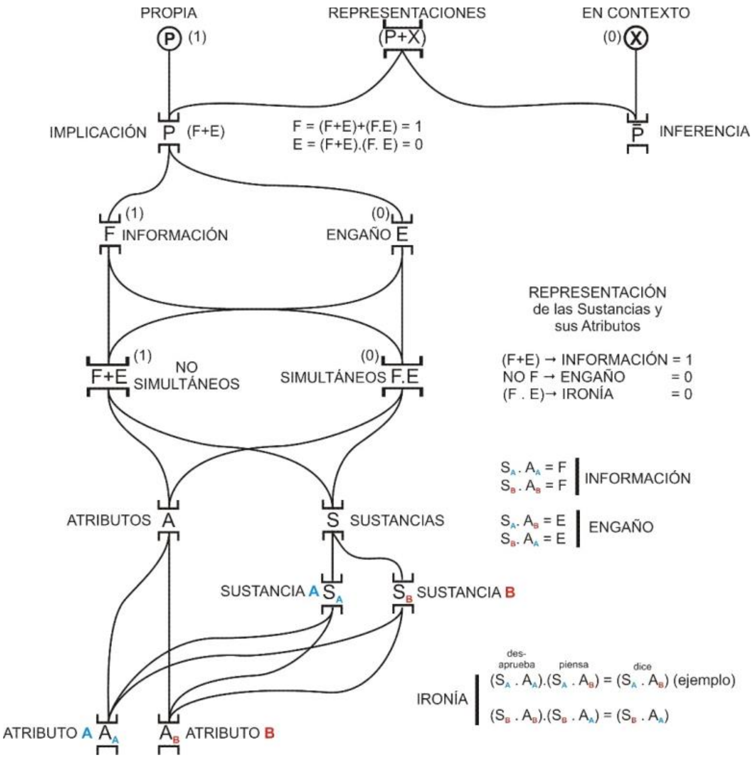


Fig. 6 UN CASO DE PRODUCCIÓN IRÓNICA
(Explicación en el texto)

Según muestra el esquema, así funcionaría la mente de alguien que va a producir una expresión irónica que influya en otra persona, de tal manera, que genere el proceso inverso inferencialmente, de ese modo "se adivinaría" la intención del hablante, descubriendo la ironía.

Se parte de las representaciones propias del hablante a través de las cuales él podrá sacar sus conclusiones lógicas. La rama inferencial o dada en contexto está reservada para cuando sea oyente. Se asume que la

ironía está integrada por aquello que se dice (información = F) y lo que no se dice pero se pretende comunicar (engaño = E).

Si tuviéramos que representar la relación entre sustancias y atributos para caracterizar la información (F), el engaño (E) y la ironía, desde la lógica, podemos proceder como sigue:

Se supone que se está aportando información (F) si hay congruencia entre la sustancia y el atributo respectivo (congruencia que se evidencia en el subíndice), así:

$S_A \,.\, A_A = F$ o $S_B \,.\, A_B = F$ [1] (el (.) significa conjunción o producto lógico)

Suponemos también que estamos ante un engaño (E) cuando hay incongruencia entre sustancia y atributo, es decir:

$$S_A \,.\, A_B = E \text{ o } S_B \,.\, A_A = E \quad [2]$$

Y en fin, tendremos una situación irónica, cuando en vez de aportar información (F), que es desaprobada (Sperber y Wilson, 1992, p. 60; Gil, 2006, p. 414), se piensa y comunica un engaño (E). Es decir:

$$(S_A \,.\, A_A) \,.\, (S_A \,.\, A_B) = (S_A \,.\, A_B) \quad [3]$$

En [3] las expresiones de la izquierda en la ecuación representan lo desaprobado y lo pensado respectivamente, en forma simultánea; mientras que el resultado de la operación representa lo que se termina diciendo. Una situación idéntica se produce si:

$$(S_B \,.\, A_B) \,.\, (S_B \,.A_A) = (S_B \,.\, A_A) \quad [4]$$

Aplicando los conceptos y operaciones básicas del álgebra de Boole determinamos qué valor de verdad le asignaremos a F y E respectivamente. Sin entrar en

detalles vemos en el esquema que a F le corresponde verdadero (1) y a E falso (0).

Cuando tratamos de caracterizar la ironía sucede lo siguiente:

La información (F) está caracterizada por la presencia de F o de E, pero no de ambos a la vez, por tanto:

$$F(1) + E(0) = 1 \quad [5]$$

El engaño (E) se caracteriza por ser lo opuesto a F. Por lo tanto es igual a su negación:

$$E = noF = 0 \quad [6]$$

La ironía se identifica como la presencia simultánea de F y E (F . E).

Por lo tanto:

$$F(1) \, . \, E(0) = 0 \quad [7]$$

Desde el punto de vista lógico entonces, no hay diferencia entre engaño (E) e ironía.

De acuerdo con la aplicación del análisis lógico propuesto se llega a una ambigüedad entre engaño e ironía. La producción lingüística no permite diferenciar estas dos situaciones, porque no hay forma de representar lógicamente esta diferencia, como no sea presuponiendo la inducción de inferencias en el oyente, a través de premisas implicadas (implicaturas) transmitiendo conclusiones implicadas (Sperber y Wilson, 2004, p. 252), lo cual es absolutamente arbitrario ya que se extrapola a un evento psíquico las conclusiones derivadas de un análisis del *pensamiento lógico*. Se debe aclarar que en este análisis no se ha tenido en cuenta el contexto; aspecto que en la teoría de la relevancia es “fabricado” (es *ad hoc*) siguiendo las mismas pautas lógicas que en el caso del pensamiento.

¿Cuáles son las posibles causas de esta ambigüedad?

1. Una disposición jerárquica, transitiva y binaria de la información, por adherir a la lógica clásica, lo cual la vuelve estática.

2. Un problema con la identidad de cada situación. Solo se tiene en cuenta lo cuantitativo, en donde ambas situaciones son iguales, en desmedro de lo cualitativo, en donde se diferencian. En otras palabras, a pesar de tratar con la intención ostensiva y lo inferencial se excluye el sujeto (recordar la no designación de la lógica clásica), considerando solo el objeto.

3. No tener en cuenta el tiempo, que es la única forma de certificar una simultaneidad. Engaño e ironía se ven como sendas fotografías tomadas en un tiempo t_n. Entonces, "se ve 00" y se lo considera como 0, por hacerlo en forma secuencial, en vez de "ver 01" si se consideraran simultáneamente.

4. La base metafórica de las ciencias cognitivas, la cual queda actualizada con las siguientes expresiones anónimas extraídas de la jerga informática: "*Las computadoras no son inteligentes, solo piensan que lo son*"; "*Las computadoras son de esos aparatos odiosos que nunca hacen lo que queremos, sino lo que le decimos que hagan*"; "*Si torturas lo suficiente a los datos, confesarán*"; "*Pasa suficiente tiempo confirmando una necesidad y la necesidad desaparecerá*"; y por último, una con un apropiado tono irónico: "*La confusión está clarísima*".

¿Qué aporta la lógica transcursiva en el caso de la ironía?

Linda Hutcheon en su peculiar libro "El borde de la ironía" (1995) caracteriza el sentido irónico diciendo que es relacional, inclusivo y diferencial (Hutcheon, 1995, p.

58). Lo de relacional porque a la ironía la plantea como una estrategia que relaciona no solo sentidos (dijo, no dijo), sino también sujetos que actúan como intérpretes y a la vez como generadores de lo irónico.

El sentido irónico, manifiesta la autora, surge como consecuencia de una relación dinámica entre generadores de sentido diferentes con el fin de crear algo nuevo. En otras palabras, nos sugiere la imagen provocativa de un fenómeno complejo de "tensión" entre "lo dicho" y "lo no dicho", en donde cada uno de los cuales toma sentido en función del otro. Además, no plantea esta relación en condiciones de igualdad, sino todo lo contrario, el poder de "lo no dicho" como desafío sería la condición semántica fundamental de la ironía.

Lo inclusivo lo refiere, poniendo como ejemplo la ilustración del famoso "conejo-pato" que publica Wittgenstein en sus "Investigaciones Filosóficas" para mostrar una ilusión óptica en donde la figura puede interpretarse como pato si los dos apéndices que salen de ella hacia la izquierda se asimilan a un pico; o como un conejo, si son interpretados como un par de largas orejas (Figura 7).

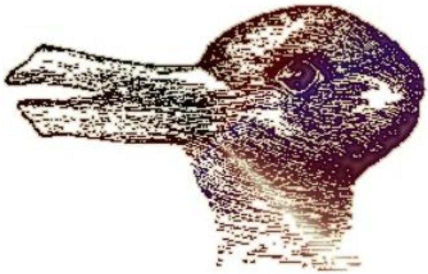


Fig. 7 WITTGENSTEIN (1999, p. 172)

Menciona el filósofo que no podemos experimentar ambas lecturas al mismo tiempo. Hutcheon en cambio sugiere, que si estas figuras son interpretadas como componentes de una situación irónica, nuestra mente podría "verlas" al mismo tiempo (esta es una posición idéntica a la adoptada cuando analizamos el cubo de Necker desde la LT - Salatino, 2012, p. 406 – Figura 8). Planteado como algo dinámico, sugiere que podría haber en lo irónico una rápida oscilación entre "lo dicho" y "lo no dicho" y si bien esta visión de conjunto no permite ponderar como más relevante a ninguno de los componentes, esta "mezcla" de sentidos semánticos, aunque separados por el sutil "borde de la ironía", permite hacerse una idea del sentido irónico como gobernado por el cambio y no como algo estático.

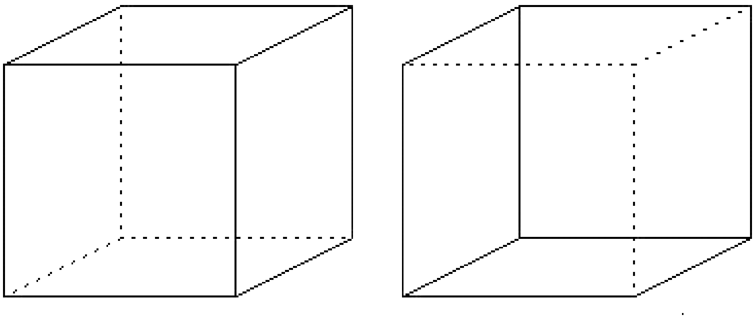


Fig. 8 CUBO DE NECKER

Lo global, en fin, lo plantea como la necesidad de abandonar las restricciones de la noción semántica estándar de la ironía que la propone como una "inversión". Es decir, como formada por dos contrapartes enfrentadas y sustituibles. "Los patos no son lo contrario a los conejos", simplemente son diferentes. Podemos

hablar de incongruencia, asevera la autora, pero esa incongruencia no puede ni debe asimilarse a contrariedad.

Ambos términos deben ser percibidos juntos y sólo separados por un "borde neto" que permita la comparación para que la incongruencia pueda ser considerada irónica; pueda ser tolerada, agregaríamos nosotros.

Hideki Hamamoto en su artículo "Irony from a cognitive perspective" (Hamamoto, 1997, p. 257) propone un modelo de los aspectos cognitivos de la ironía. En él indica que en la ironía habría dos componentes cognitivos: un conocimiento previo surgido de la realidad superficial (aparente) y que genera expectativas o predicciones; y uno posterior o reconocimiento que tipifica un determinado fenómeno como efectivamente real. El elemento fundamental del fenómeno irónico sería la discrepancia entre el reconocimiento y el conocimiento previo (o expectativa), que correspondería al concepto de "tensión" planteado por Hutcheon. La diferencia entre el "conocimiento de la ironía" y su "forma lingüística" se debe a una diferencia de niveles: uno no-lingüístico y el otro lingüístico aunque, no necesariamente uno sea la negación del otro.

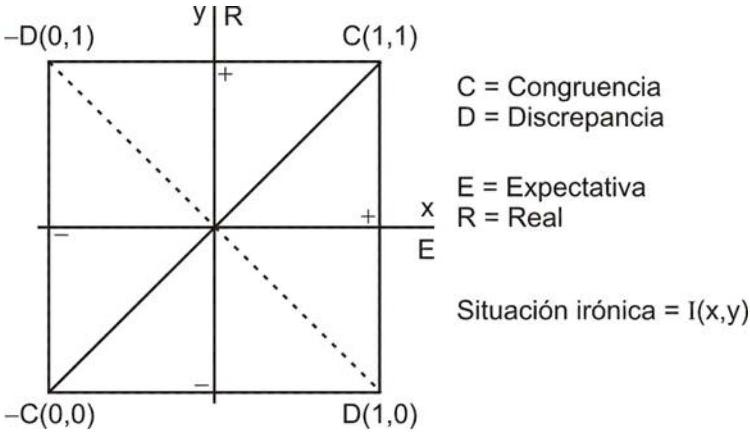


Fig. 9 FUNDAMENTO COGNITIVO DE LA IRONÍA
(modificado de Hamamoto, 1995, p. 265)

Hamamoto, en 1995, propone un esquema (Figura 9) en donde intenta una sistematización del fundamento cognitivo de la ironía. En este esquema, sobre el eje –C/C no existiría discrepancia entre E (lo esperado) y R (lo real). En términos de Hutcheon, no existiría "tensión" entre ellos. En cambio, sí habría discrepancia entre los dos niveles a lo largo del eje –D/D.

El mecanismo en los niveles cognitivo y lingüístico funcionaría contemplando cuatro modalidades irónicas básicas:

1) La estándar o prototípica, igual a la que adhiere Grice (1995, p. 53).

Nivel lingüístico: 1 (se afirma algo como real)

Nivel cognitivo: 0 (se piensa lo opuesto)

… ***Máxima Discrepancia***

2) En donde está involucrada la disolución de una situación. El hablante expresa verbalmente la percepción de discrepancia entre la expectativa (E) y la realidad (R).

Nivel lingüístico: 0 (se sugiere la discrepancia)

Nivel cognitivo: 1 (se sabe que la realidad es lo opuesto)

… ***Mínima Discrepancia***

3) Aquí se describe el estado real (una situación verdadera) tal como es.

Nivel lingüístico: 1 (se plantea la solución a la situación irónica)

Nivel cognitivo: 1 (se piensa la realidad tal como se la expresó)

… ***Máxima Congruencia (ironía cancelada)***

4) Se plantea el caso de las declaraciones irónicas involuntarias.

Nivel lingüístico: 0 (dice algo irónico sin quererlo)

Nivel cognitivo: 0 (no percibe la realidad incongruente)

… ***Mínima Congruencia***

5) El autor propone una posible situación irónica que se superpone a la primera en cuanto al código binario que la caracteriza, pero en sí, representa una situación invertida. En la primera modalidad la realidad resulta ser lo opuesto a lo dicho, por lo que el oyente, al percatarse de la incongruencia, vuelve, generalmente, a proferir la misma expresión escuchada pero con una entonación distinta para hacer evidente la ironía. En este caso de la inversión, todo esto se hace de una sola vez, es decir, el oyente conociendo la realidad negativa de antemano la expresa positivamente de una manera irónica.

El funcionamiento del esquema de Hamamoto, según lo hemos descrito, constituye una conexión de Galois[29], o sea, una oposición mediada por otra oposición idéntica a la señalada como el patrón de nuestro PAU y como tal, al núcleo del lenguaje universal, como así también, a la estructura dinámica de una *especie*. Esto último es trascendente pues, transforma a la ironía en una suerte de "piedra rosetta" o de "trilobites semiótico" (si se me permite el término) que nos posibilita desentrañar, de

---

[29] *Conexión de Galois*: a grandes rasgos se puede decir que es una manera particular de oponer dos conceptos a través de otra oposición. Si dos conceptos pertenecen a distintas categorías y uno de ellos es mejor conocido, a través de la Topología se puede establecer un homomorfismo entre ambas categorías (o sea, compararlas). Si se toman dos pares de conceptos, que son vistos en cada par, como funciones opuestas, y si en uno de estos pares, por ejemplo: sujeto - objeto, queremos establecer una relación de oposición concurrente, es decir, en donde ambos elementos, a pesar de ser excluyentes para la lógica clásica, estén presentes al mismo tiempo, se los puede oponer a través de otra oposición de las mismas características. Esto permite su comparación y el establecimiento de la estructura algebraica que descubrió Galois en 1832: el *grupo*. Este *grupo* cumple con una serie de características que convalidan la pertinencia de la comparación entre estos pares y permite demostrar que dos conceptos se pueden considerar opuestos sin ser excluyentes. Esta interpretación de la *conexión de Galois* posibilita establecer una relación entre lo objetivo (lo conocido) y lo subjetivo (lo desconocido), sugiriendo así, que lo subjetivo debería corresponder también, de alguna manera, a los hechos reales.

alguna manera, el porqué de nuestros pensamientos e ideas y cómo el lenguaje cotidiano enmascara o trastoca la realidad subjetiva que pretende comunicar nuestro lenguaje natural, al pasar por el filtro psíquico. Esto da absoluto sentido a la expresión que acuñáramos al comienzo de este apartado: “la ironía es la única estructura simbólica que lleva el pensamiento a flor de piel”.

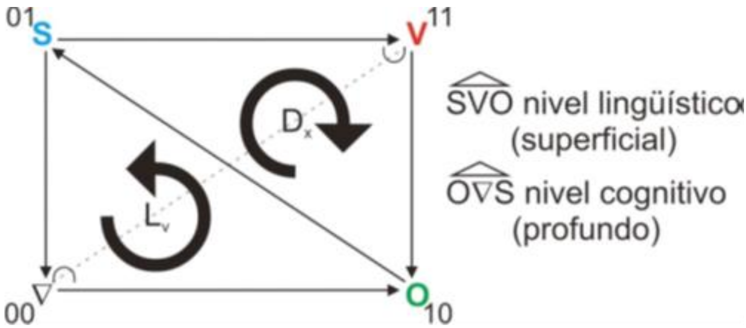


Fig. 10 NÚCLEO LÓGICO FUNDAMENTAL DE LA IRONÍA

Referencias: ∇: noV o cambio subjetivo – V: cambio objetivo - S: sujeto subjetivo/Sujeto objetivo – O: objeto subjetivo/Objeto objetivo - ∪: unión de las diferencias - ∩: intersección (separación) de las semejanzas – D_X: giro dextrógiro (en el sentido horario) o superficial – L_V: giro levógiro (en el sentido antihorario) o profundo - SVO: tríada superficial (lingüística) – O∇S: tríada profunda (cognitiva) - 01, 10, 11, 00: modalidades irónicas básicas

Como se aprecia en la Figura 10, la correspondencia entre el esquema propuesto y la *especie*, desde el punto de vista lógico, es absoluta. En el esquema se pueden individualizar los dos niveles operativos de la ironía. Por un lado, el dextrógiro (D_X) o SVO representando el nivel lingüístico convencional o superficial y que se corresponde paso a paso con lo estructural o volitivo de la *especie*; y por otro, el levógiro (L_V) o O∇S que representa el nivel de la cognición o profundo y que guarda relación estricta con lo funcional de la *especie* o aquello que constituye el prolegómeno del pensamiento, esto es, de la actividad cognitiva propiamente dicha.

La operación de nuestro esquema de la ironía es muy simple si se acepta por ejemplo, que el nivel superficial se puede “traducir” directamente a lo lingüístico puro, por constituir el esquema expresivo adoptado por la lógica aristotélica, en donde, las afirmaciones acerca de los atributos de una sustancia son declarados de una forma natural en proposiciones singulares de la forma del sujeto-predicado (Stebbing, 1965, p. 529). Se debe recordar que el nivel superficial es el de la monocontextura o binario, aquel que se ajusta estrictamente a la lógica tradicional y el único que en realidad aborda la *teoría de la relevancia* (Como también, cualquier otra teoría lingüística) . Por otro lado, la relación que guardan los elementos del nivel superficial es la que aparece en casi cualquier expresión idiomática, por lo menos de nuestras lenguas indoeuropeas: S = sujeto, V = verbo (acción) y O = objeto.

En cuanto al nivel profundo, su estado, deriva de las operaciones lógicas transcursivas (Salatino, 2017, p. 225) mediante las cuales se pueden “registrar” todas las variantes irónicas básicas y transitar por ellas,

sincronizándose así, con los distintos momentos del funcionamiento psíquico.

En la variante irónica (1) el foco es el objeto o lo cuantitativo (la apariencia), en la variante irónica (2) lo es el sujeto o lo cualitativo a través de lo afectivo, en la variante irónica (3) se considera la unión (⋃) de los elementos de las situaciones anteriores en donde, sin embargo, se respeta el "borde de la ironía" a través de una disyunción lógica. De esta manera se convalida el aspecto dinámico, ya que el foco principal es el cambio evidente, o sea, la ironía superficial o aquella que ponen en evidencia los elementos lingüísticos. Finalmente en la variante irónica (4) en donde la intersección (⋂) entre los elementos se soslaya mediante una conjunción lógica, que aunque profunda, revalida una categoría que le hace perder la intención irónica a la situación. Por esta razón, su foco es el cambio profundo, aquel que sin ser evidente, opera en forma oculta una reorganización situacional que emerge intempestivamente, a pesar de su productor, transformándose en una acción evidente modificada y permitiéndole al interlocutor que advierte la no intencionalidad, solazarse en lo irónico, mientras que su productor (que perfectamente puede ser un autista), no percibe la ironía o el doble sentido como tal, porque carece del debido tono afectivo.

La ironía, observada desde el punto de vista psíquico-estructural y dinámico, permite a la lógica transcursiva, proponer el esquema de la Figura 11 para explicar el doble proceso de comprensión/producción lingüística.

La situación irónica, cualquiera sea esta y como tantas otras, es típicamente heterárquica, o lo que es lo mismo, opera distintos niveles simultáneamente y por tanto, su abordaje desde la lógica monocontextural (binaria o clásica) es cuando menos, dificultoso.

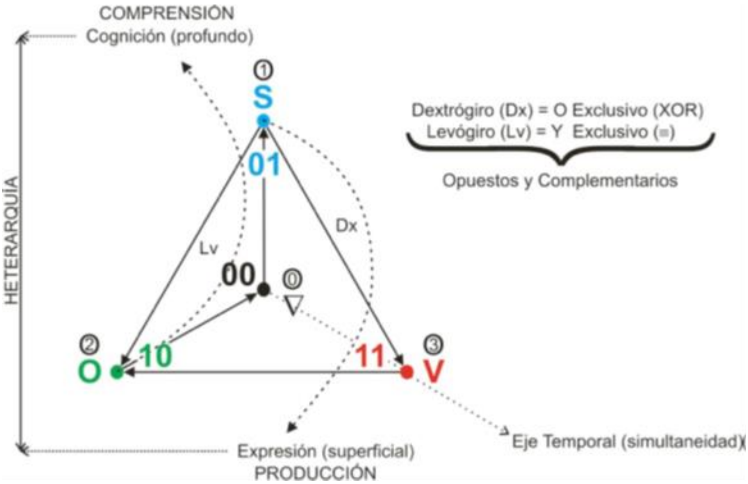


Fig. 11 MECANISMO PSÍQUICO DE LA COMPRENSIÓN/PRODUCCIÓN LINGÜÍSTICA
Referencias: ⓪, ①, ② y ③: monocontexturas

Vimos, que en el planteo irónico se usan los operadores lógicos tradicionales de conjunción (*y* lógico), disyunción (*o* lógico) y negación, pero, la forma eficiente de tratar con una situación compleja como esta, en donde no se puede dejar de lado al sujeto productor, es manejando en forma generalizada lo conjuntivo y lo disyuntivo y en forma policontextural la negación, como lo hace la lógica transcursiva, al contemplar aspectos tan típicamente subjetivos.

De la propuesta anterior se desglosan, ahora sí, los procesos involucrados en un acto de habla (como el propuesto, aunque no solucionado por Searle en 1986) y en toda comunicación evidente. En otras palabras, lo

que se piensa, la intención que conlleva y el efecto que produce a través de la comprensión y producción, respectivamente.

Mediante lo conjuntivo generalizado (equivalencia: ≡) se enfoca la comprensión al sincronizar desde la estructura psíquica (ideas o representantes del tiempo externo), la función psíquica (o pensamientos) cuyo sustrato es la negación transcursiva que opera el tiempo interno. A través de lo disyuntivo generalizado (disyunción exclusiva: XOR) se opera la producción de expresiones lingüísticas.

La operación paralela y simultánea de estos dos circuitos es un modelo posible de una circularidad distribuida de un sistema en su entorno, que oscila, como en la propuesta de Hutcheon, entre ambos niveles: superficial y profundo, aunque respetando el "borde" (la frontera) que liga lo subjetivo y lo objetivo.

Un posible funcionamiento sería: toma de los estímulos (señales), desde la superficie a través de un significado, creando estructura psíquica mediante las ideas al registrarlas en la profundidad, insertándolas en la historia del sujeto (generación de un signo operativo – Patrón de Acción Fijo (PAF)). Luego se elabora un sentido que surge de la (comprensión del significado de un signo), formándose un símbolo al establecerse funcionalmente en el pensamiento, para después resurgir en la superficie como una expresión simbólica lingüística que es portadora de un nuevo significado, una intención y una facilitación para lograr un determinado efecto en el entorno, pero sin relación con estructura ni proceso psíquico alguno. El niño que padece de alguna variante de TEA, al solo tener la posibilidad de relacionar 'dos objetos' mediante un cambio interno (y no un sujeto y un objeto mediante un cambio externo) (Salatino,

2021), se produce una 'desconexión social' que sustenta algo así como una 'motivación hacia adentro', ignorando la existencia del requerimiento que desde el entorno, alguien le hace.

7.0. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo hemos revisado críticamente, algunos aportes que las ciencias cognitivas han hecho al tema de la comprensión del lenguaje, para, desde allí, justipreciar las bondades que se le asignan a la Teoría de la Mente. La improcedencia del modelo analizado, tal vez debamos buscarla en el hecho de que los aspectos subjetivos del lenguaje son un tema de investigación largamente descuidado por la ciencia en general y por la lingüística en particular. A propósito, la objetividad de la ciencia excluye atender lo subjetivo y desde luego, la lingüística. Además, ésta última adhirió sin concesiones a las ciencias cognitivas y se transformó en parte de ellas. El concepto de "mente" fue, paradójicamente, clave en la promoción de este descuido, al surgir como "patrón oro" de las ciencias cognitivas, en contra del conductismo.

En la década de 1960, la psicología cognitiva, recientemente creada e influenciada por la naciente revolución informática, dejó de lado el aspecto biológico del cerebro y concibió la "mente", supuesta base de lo subjetivo. Ésta se entendía como una colección de programas de computación, que manejaban operaciones simbólicas, nunca explícitamente detalladas. En esa mente no quedaba lugar para el sujeto y sus avatares. De esta manera, se produjo una división insalvable entre lo cognitivo y lo volitivo, y en lugar de rechazar la psicología conductista, se constituyó en un modelo depurado de ella, donde la psiquis no era tenida en cuenta.

La propuesta cognitivista cambia el par estímulo-respuesta conductista por el *input-output* informacionista y nada más. Como diría Bunge:

> "*La ventaja de este difundido punto de vista es obvia: puesto que sus practicantes no meten las narices en los cerebros y ni siquiera se asoman a ellos, no tienen que manipular la parafernalia de laboratorio o vestirse con guardapolvo. Ni siquiera están obligados a leer publicaciones sobre neurociencia. Todo lo que deben hacer es 'estudiar qué hay en la mente' (su propia mente)*". (Bunge, 2004, p. 230)

El mismo Bunge (Op. cit.) puntualiza, muy concretamente, los errores evidentes que conlleva esta visión tan estrecha de los aspectos subjetivos, entre los que mencionaremos: i) Confunde la mente (cerebro) con los modelos conceptuales que permiten simulaciones en un computador. Esto es como aceptar que un cirujano, al abrir un paciente, se encontrase con láminas a todo color como las dibujadas por Testut, en vez de órganos, vasos y sangre reales; ii) Asume que el hombre es un procesador simbólico lo cual desbarata todo lo subjetivo que soporta a la expresión lingüística, desconociendo además, que lo simbólico del lenguaje no tiene su origen ni siquiera en procesos sub-simbólicos (como sugiere Bunge), sino pre-simbólicos o pensamientos como se los cataloga en esta investigación. Lo simbólico no se construye desde los conceptos, sino de nociones que devienen en pensamiento al incorporar el tiempo interno del sujeto. Esta premisa surge de considerar al sujeto como el particular-universal implícito, portador en su subjetividad, del lenguaje universal de la realidad, y iii) No explica ningún proceso mental, ya que un "diagrama

de flujo” no tiene nada que ver con proceso mental alguno.

Concluyendo entonces, para Chomsky y todos sus seguidores, la mente es inmaterial y por ende no tiene nada que ver ni con el cerebro ni con el sujeto portador de ese cerebro. Este enfoque decantó en una psicología y las subespecialidades derivadas de ella, hasta hoy. El mismo pudo adscribirse libremente a una modularidad de la mente, introducida por Fodor en 1983, y popularizada por psicólogos evolucionistas, para interpretar el origen y funcionamiento del lenguaje. Tal es el caso de Pinker (2001, 2003, 2007), quien más allá de la polémica desatada con Fodor, por el aspecto computacional de la mente, se transformó junto a otros best-seller de las ciencias cognitivas, en uno de los principales difusores de esta limitada concepción de lo subjetivo, que en la práctica nació en los trabajos pioneros de Chomsky.

En la década de 1980 surgió el conexionismo, una alternativa a la visión informacionista, que si bien no la reemplazó, hoy es la que tiene quizás mayor relevancia.

Esta corriente que tiene sus raíces en el trabajo de W. McCulloch y W. Pitts de 1943 y es un intento de simular el funcionamiento cerebral, basado en la “construcción” de neuronas artificiales y su posterior conexión. La primera neurona artificial (Rosenblatt, 1961) sirvió de acicate, no para los neurocientíficos como era de esperar, sino para aquellos que se dedicaban a la computación tardíamente. Cuando este tipo de desarrollo alcanzó un nivel importante, por comprender mejor sus posibilidades (Minsky, 1967), se difundió en el campo de la Inteligencia Artificial y alcanzó también al ámbito lingüístico hasta hoy (Redes conceptuales de Hudson (1984); redes no simbólicas de Lamb (1999)).

Aunque el conexionismo tiene ataduras más firmes con el cerebro que el informacionismo, en el caso de las aplicaciones lingüísticas que pretenden despegarse de las aplicaciones estrictamente computacionales, no deja de ser un enfoque reduccionista, en extremo e inductor de profundos malentendidos.

Así, como dijimos anteriormente que el hombre no es un procesador simbólico, debemos decir que el cerebro del hombre no es una colección de compuertas lógicas "todo-nada", como es el caso de las redes neuronales. Éstas son modelos matemáticos muy ingeniosamente, diseñados para cumplir con los formalismos básicos de la lógica binaria. En consecuencia, no pueden manejar aspecto subjetivo alguno, por más que hoy se las 'humanice' enfocándolas desde la hipótesis localizacionista de las funciones mentales. Esta última, según sus defensores, ha sido "ampliamente confirmada'" por la neurociencia contemporánea, mediante modernos métodos de diagnóstico utilizando imágenes computarizadas del cerebro como la Resonancia Magnética Funcional (fMRN). (Lamb: 2004: 227-53, 254-76; 2006: 4; 2009 en Internet).

Cabe agregar, que estas confirmaciones pierden validez (confiabilidad) cuando aparecen publicaciones como la del trabajo "*Broca's area and language instinct*" (María Cristina Musso et al., Nature Neuroscience 6, pp. 774 – 781, 2003), en donde "se demuestra", de una manera muy poco científica, mediante los mismos medios (fMRN), la probable existencia del centro de la gramática universal, propuesto por Chomsky, en el área de Broca. Esto es totalmente distinto a lo que demuestran los estudios en los que se basan las apreciaciones de Lamb (1999), incluso del mismo Bunge (2004), que solo nos proveen información sobre dónde, supuestamente,

ocurren las cosas en el cerebro, pero no de lo que allí sucede, con lo cual la Teoría de la Mente no se puede defender.

Tampoco constituye un aporte a la comprensión de los fenómenos subjetivos del lenguaje la propuesta de Lamb, que sugiere que no se pueden entender los procesos cerebrales del lenguaje sin entender lingüística, o sea, el funcionamiento de las estructuras neurales dedicadas al procesamiento del lenguaje no se puede entender, si no se tienen en cuenta los aspectos lingüísticos. Luego, basados en la "evidencia" obtenida desde la neurociencia y combinándola con la "evidencia" proveniente desde la lingüística, sería posible construir un puente entre las redes neuronales y las redes lingüísticas (Lamb, 2009). Los inconvenientes que existen con esta propuesta derivan, por un lado, de que las supuestas redes lingüísticas tienen un fundamento que en nada las distingue de las redes neuronales artificiales y por otro, que se declara complementaria de la lingüística analítica (que incluye la gramática generativa de Chomsky, la gramática léxico-funcional (una variante de la anterior), la gramática cognitiva, entre otras) La lingüística analítica, nos dice Lamb (2009), intenta describir los datos lingüísticos mientras que la lingüística neurocognitiva (tal como se conoce hoy la propuesta de Lamb), examina los datos lingüísticos como "evidencia de una estructura del sistema de información cortical" o que la corriente analítica tiende a ver las palabras y otras unidades lingüísticas como objetos o símbolos almacenados y la neurocognitiva, en cambio, ve las unidades lingüísticas en términos de conexiones distribuidas en una red, entre otras observaciones por el estilo.

Con todo esto, queremos mostrar que el enfoque cognitivista (ya sea informacionista o conexionista) no contempla ningún aspecto subjetivo del lenguaje que le permita hablar sobre la comprensión, y mucho menos aun de ‘adivinar’ las intenciones de los demás, con solo analizar sus expresiones. Es más, lejos de ello, trata de seguir demostrando (sustentado de una u otra manera en la metáfora computacional) que el lenguaje se basa en aspectos lógicos que dan pie para simularlo mediante una computadora y así poder explicar su posible funcionamiento, un mecanismo inferencial que está totalmente divorciado de la realidad del lenguaje natural humano.

En contrapartida a todo lo anterior, basamos la comprensión del lenguaje natural en la estructura y función psíquicas. Este enfoque permitió definir, cómo nuestro cerebro, lleva adelante la actividad cognitiva mediante una estructura lógico-relacional básica: la *especie*. Los “procesos de identidad” que allí se dan, permiten el surgir de una auténtica comprensión de un determinado hecho, esto es, cuando usando el pensamiento, se le encuentre sentido a algo, algo que el autista, al tener una distorsión de su estructura psíquica (Salatino, 2021), no puede hacer.

La comprensión del lenguaje entonces, la podríamos equiparar a un tipo de complementación entre lo volitivo y lo cognitivo, que permite expresar el sentido encontrado a un hecho mediante una acción. Es decir, provocando en la psiquis o en el entorno inmediato, una transformación. El autista, con su resistencia al cambio (dada su incapacidad social), no lo puede llevar a cabo.

También, pudimos ver que carece de sentido tratar de comprender un simple código, como lo es el lenguaje convencional. En cambio, que el lenguaje natural

humano debe ser comprendido para transformarse en una verdadera expresión del pensamiento. La razón de esta tajante diferencia debemos buscarla en los “vicios lógicos” en los que incurrió la ciencia de la mano de la categorización, el núcleo operativo del cognitivismo.

La lógica transcursiva aporta una interpretación del proceso comunicativo basada en genuinos mecanismos psíquicos (propiamente subjetivos), en donde se puede comprobar el lugar que ocupa el fenómeno de la comprensión, y poder explicar así, por qué un niño con TEA no ‘comprende’ el lenguaje.

Con una intención pragmática, se utilizó la ironía como modelo de comprensión, en un intento de descifrar, desde lo empírico, su exquisito mecanismo, (a su vez desestimar el pensamiento lógico, que usa la lógica binaria), para lograr el mismo objetivo. De esta manera, se deja claro que todos los modelos de comprensión del lenguaje, hoy vigentes, adolecen de la distorsión que les imprime un supuesto enfoque objetivo de la ciencia. Además, se pudo demostrar en dónde está la ‘incapacidad’ de los niños con TEA para captar el ‘doble sentido’ de una expresión verbal.

Como corolario entonces, no pretendemos descartar los logros habidos desde las ciencias cognitivas en el diagnóstico y tratamiento de los niños con TEA, sino que sugerimos que debería investigarse el tema desde otros puntos de vista, como para aproximar aún más su diagnóstico y elaborar planes de ayuda para combatir el déficit sociocomunicativo de estos niños, basados en un soporte científico mejor elaborado.

REFERENCIAS

Aristóteles (2004). *Tratados de lógica (el Organón)* – México, Editorial Porrúa.

Baron-Cohen, S.; Tager-Flusberg, H.; Lombardo, M. V. (2013). *Understanding Other Minds. Perspectives from Developmental Social Neuroscience*. New York, Oxford University Press.

Bates, E. (1979). *The Emergence of Symbols*. Cognition and Communication in Infancy. New York, Academic Press.

Boole, G. (1854). *An Investigation of the Laws of Thought, on which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*. London, Walton and Maberly.

Bruner, J. (1981). *The Social Context of Language Acquisition*. Language & Communication, Vol. 1, Nº 2/3, pp. 155-178.

Bunge, M. (2004). *La investigación científica*. Barcelona: Siglo XXI.

Chomsky, N. (2002 - 1957). *Syntactic Structures*. New York, Mouton de Gruyter.

Colacilli de Muro, M. A. y J. C. (1979). *Elementos de Lógica Moderna y Filosofía* - Buenos Aires, Ediciones Estrada.

Dilthey, W. (1949). *Introducción a las ciencias del espíritu*. México, Fondo de Cultura Económica.

Domenech, E. (1977). *La Frenología: Análisis histórico de una Doctrina Psicológica Organicista* – Barcelona, Elite/Grafic.

Fillmore, Ch. J. (1968). *The Case for Case* – En: Universals in Linguistic Theory. Ed. Bach, E. and Harms, R. (1 – 90) – New York, Holt, Rinehart & Winston.

Fodor, J. A. (1983). *The Modularity of Mind*. Cambridge, The MIT Press.

Gallese, V. (2001). *The 'Shared Manifold' Hypothesis. From Mirror Neurons To Empathy*. Journal of Consciousness Studies, 8, Nº 5-7, pp. 33-50.

Gil, J. M. (2006). *Un estudio de la ironía en el capítulo 9 del Quijote de 1605*. Nueva revista de filología hispánica. Tomo 54, Número 2, pp. 413-452.

Grice, P. (1995). *Studies in the Way of Words* – Massachusetts, Harvard University Press.

Hamamoto, H. (1997). *Irony from a cognitive perspective* – En Relevance Theory: Aplications and Implications, Carston, R.; Uchida, S. (Ed.), pp. 257- 270. London, John Benjamins.

Hickok, G. (2009). *Eight Problems for the Mirror Neuron Theory of Action Understanding in Monkeys and Humans*. J Cogn Neurosci, 21(7), pp. 1229-1243.

Hickok, G. (2014). *The Myth of Mirror Neurons: The Real Neuroscience of Communication and Cognition*. New York, W. W. Norton & Company.

Hudson, R. (1984). *Word Grammar*. Oxford: Blackwell.

Hutcheon, L. (1995). *Irony's edge: The theory and politics of irony* – New York, Routledge.

Jouvenel, B. (1967). *The Art of Conjecture*. London, Basic Books, Inc.

Lamb, S. M. (1966). *Outline of Stratificational Grammar*. Washington DC, Georgetown University Press.

Lamb, S. M. (1999). *Pathways of the Brain. The Neurocognitive Basis of Language*. Philadelphia, John Benjamins.

Lamb, S. M. (2004). *Language & Reality.* Ed. Jonathan Webster. London: Continuum.

Lamb, S. M. (2006). *Being Realistic, Being Scientific.* En LACUS Forum 32: Networks. Houston, TX: LACUS.

Lamb, S. M. (2009*). Langbrain. Language and Brain: Neurocognitive Linguistics*. Sitio en internet: http://www.rice.edu/langbrain/(consultado: 10/12/2018)

Leslie, A. M. (1987). *Pretense and Representation: The Origin of "Theory of Mind"*. Psychological Review, Vol. 94, Nº 4, pp. 412-426.

Leudar, I.; Costall, A. (2009). *Against Theory of Mind*. New York, Palgrave Macmillan.

Lorenz, K.; Leyhausen, P. (1979), *Biología del comportamiento: Raíces instintivas de la agresión, el miedo y la libertad*. México, Siglo XXI.

McCulloch, W. S.; y W. Pitts (1943). *A logical calculus of the ideas immanent in neurons activity*, Bull. Math. Biophys., 5, pp. 115-133.

Minsky, M. (1967). *Computation: Finite and Infinite Machines*. N. J., Prentice-Hall.

Pinker, S. (2001). *El instinto del lenguaje. Cómo crea el lenguaje la mente*.

Madrid, Alianza.

Pinker, S. (2003). *La tabla rasa: La negación moderna de la naturaleza humana*. Barcelona, Paidós.

Pinker, S. (2007). *Cómo funciona la mente*. Barcelona, Destino.

Premack, D.; Woodruff, G. (1978). *Does the chimpanzee have a theory of mind?* The Behavioral and Brain Sciences, 4, pp. 515-526.

Rizzolatti, G.; Arbid, M. A. (1998). *Language within our grasp*. Trends Neurosci, 21, pp. 188-194.

Rosenblatt, F. (1961). *Principles of Neurodynamics. Perceptrons and the Theory of Brain Mechanisms*. Cornell Aeronautical Laboratory, Inc. New York, Cornell University.

Salatino, D. R. (2009). *Semiótica de los sistemas reales* - Tesis Doctoral en Letras especialidad Psicolingüística por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

Salatino, D. R. (2012). *Aspectos Psico-bio-socioculturales del Lenguaje Natural Humano. Introducción a la teoría psíquica del lenguaje*. Mendoza, Argentina, Autoedición. ISBN: 978-987-33-2379-9.

Salatino, D. R. (2013). *Psiquis – Estructura y Función*. Mendoza, Argentina, Autoedición. ISBN: 978-987-33-3808-3.

Salatino, D. R. (2017). *Tratado de Lógica Transcursiva. El origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva*. Mendoza, Argentina, Primera autoedición. ISBN: 978-987-42-5099-5.

Salatino, D. R. (2018a). *La geometría funcional como fundamento de la estructura y la función del aparato psíquico*. Revista de Psicopatología y Salud Mental del niño y del adolescente, Vol. 32, pp. 77-94.

Salatino, D. R. (2018b). *Tratado de Psicolingüística. Adquisición, Comprensión y Producción del Lenguaje Natural Humano*. Mendoza, Argentina, Autoedición. ISBN: 978-987-778-829-7.

Salatino, D. R. (2021). *Riesgo de autismo en la descendencia lograda mediante técnicas de reproducción asistida. Un análisis desde la lógica transcursiva*. Psicopatol. Salud ment., 37, pp. 9-24.

Searle, J. R. (1986). *Actos de habla: Ensayo de filosofía del lenguaje* – Madrid, Cátedra.

Sperber, D.; Wilson, D. (1992). *On Verbal Irony* – Lingua, 87, pp. 53-76.

Sperber, D.; Wilson, D. (1995). *Relevance: Communication and Cognition*. Cambridge, Blackwell Publishers Inc.

Sperber, D.; Wilson, D. (2004). La Teoría de la Relevancia. Revista de Investigación Lingüística (VII), pp. 237-286. Traducido por F. Campillo García desde The Handbook of Pragmátics, Blackwell, Oxford, 2004, pp. 607-632.

Stebbing, L. S. (1965). *Introducción moderna a la lógica* – México, Universidad Autónoma de México.

Stern, D. N. (1985). *The Interpersonal World of the Infant. A View from Psychoanalysis and Developmental Psychology*. London, Karnac Books.

Tarde, G. G. (1895). *Les lois de l'imitation*. Paris, Éditions Kimé.

Wellman, H. M. (1990). *The Child's Theory of Mind*. Cambridge, MA: Bradford/MIT Press.

Wetherby, A. M. (2006). *Understanding and Measuring Social Communication in Children with Autism Spectrum Disorders*. En Social and Communication Development in Autism Spectrum Disorders. Charman, T. & Stone, W. (Editors), New York, The Guilford Press.

Wittgenstein, L. (1999). *Investigaciones Filosóficas* – Madrid, Altaya

SECCIÓN 3



Aplicaciones Tecnológicas de la Lógica Transcursiva

6. Control de un Sistema Motor - Generador

Alfredo Ernesto Puglesi[30] , Dante Roberto Salatino[31]

Resumen: En el marco del IV Foro de Lógica Transcursiva, presentamos en éste trabajo, los resultados del desarrollo de un equipo motor generador que integra el concepto mecatrónico (mecánica, electrónica, control e informática) desarrollado por alumnos y profesores en el Laboratorio de Control de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo y con fines didácticos. La metodología utilizada consistió, a partir de la revisión bibliográfica, en el modelado y simulación, luego en el diseño electromecánico, posterior mecanizado, implementación de la electrónica de potencia y finalmente el control con Matlab®- Simulink® corriendo en tiempo real. La atención se enfatizó en el control, dado que la finalidad principal de este proyecto fue comparar el algoritmo convencional Proporcional +Integral (P+I) con la Lógica Difusa (LD) tipo Mamdani. Para completar el cuadro, se realiza una introducción a la técnica Neuro Fuzzy o tipo Sugeno. Finalmente se hace un análisis sobre la posible implementación del Control Transcursivo (CT) sobre el mismo.

Palabras claves: innovación, educación, mecatrónica, control, Lógica Difusa, Control Transcursivo, lógica transcursiva.

1. Introducción: la finalidad de este proyecto es el control de un sistema motor-generador en forma convencional mediante el algoritmo clásico Proporcional + Integral (P+I) y mediante Lógica Difusa (LD). Estos dos

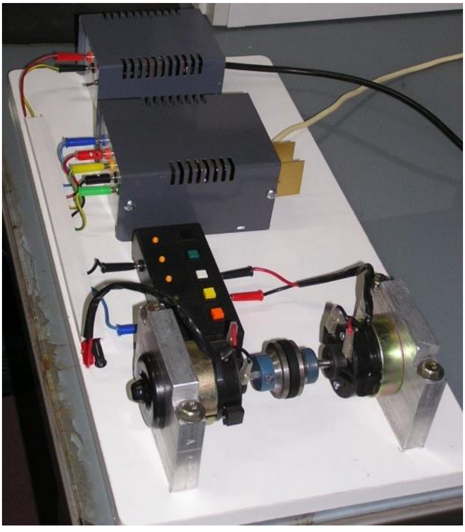
---

[30] Laboratorio de Control, Facultad de Ingeniería, UNCuyo

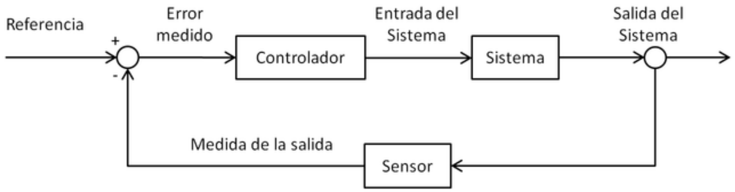
[31] Instituto de Filosofía, Facultad de Filosofía y Letras, UNCuyo

tipos de control brindan las herramientas necesarias para poder realizar una comparación entre el control “clásico” industrial y una nueva técnica moderna cada vez más utilizada en el dominio de la Inteligencia Artificial como lo es la LD. Para toda la parte de software se utiliza Matlab® y Simulink®.

Como veremos luego más en detalle, se usa una tarjeta de 8 entradas y 2 salidas analógicas (utilizándose sólo una entrada y una salida) , insertada en el slot tipo ISA de una PC, donde se realiza todo el proceso de control con el software ya mencionado. La idea es controlar la tensión producida en bornes por un generador, el sistema debe responder con buen desempeño a las variaciones de cargas introducidas, como así también a los cambios efectuados por el operador de “valores deseados” , llamados también cambios de “set point” (SP) o Referencia. Para ello el motor acoplado a su eje, aumenta o disminuye sus revoluciones, con la finalidad de mantener la tensión deseada en bornes, pese a la perturbaciones a los cambios de SP. En la próxima fotografía se puede ver el equipo motor- generador.



Obviamente, todo el sistema forma parte de un lazo de control realimentado negativo, ya sea para efectuar el control con el clásico algoritmo P+I o la innovadora LD. Recordemos que un lazo genérico adaptado al caso que nos ocupa realiza las siguientes funciones:



A la salida del sistema, se sensa la tensión en bornes del generador, la que se realimenta y se resta de la Referencia, o valor deseado o SP.

De dicha sustracción surge el error, que entra al controlador, basado en el clásico P+I o LD. La salida del mismo cambia las revoluciones del motor a los efectos de hacer coincidir el valor sensado con la referencia, o sea, un error nulo. Esa es finalidad del control, cualquiera sea.

En este punto es muy importante destacar que si el error es (+) independientemente de la magnitud, es porque lo que se desea es una tensión mayor a la existente en bornes, en ese instante y el motor debe aumentar sus revoluciones. Por el contrario si el error es (-), le tensión en bornes supera a lo deseado y el motor debe disminuir las revoluciones.

2. Revisión de la LD: a continuación se hace una breve reseña de la LD, no así del control clásico P+I, por ser muy conocido, y nada aportaría al presente trabajo su análisis.

En los últimos años se ha visto un rápido crecimiento en la cantidad y variedad de aplicaciones de la lógica difusa. Estas aplicaciones varían desde artículos de consumo como cámaras fotográficas, videocámaras, lavarropas y hornos de microondas, hasta el control de sistemas y procesos industriales, instrumentación médica y sistemas de decisión.

Para entender las razones de tal crecimiento es necesario antes, aclarar el significado de lógica difusa, la cual está basada en la teoría de los conjuntos difusos, propuesta en el año 1965 por el profesor Lotfi A. Zadeh.

A diferencia de la lógica clásica, en la cual las proposiciones pueden ser únicamente “Verdaderas” o “Falsas”, en la lógica difusa las mismas pueden tomar distintos valores de verdad.

Por ejemplo, la proposición “Es de día”, en la forma de la lógica clásica, esto puede ser Verdadero si se ve el sol en el cielo, o Falso si en lugar del sol sólo se observan estrellas. Esto es así, y sería difícil discutirlo. Sin embargo, ¿qué sucede cuando el sol ya se ha puesto y se vislumbran algunas estrellas, pero aún hay cierta claridad en el poniente? ¿Quién puede asegurar que aún es de día, o que ya es de noche?

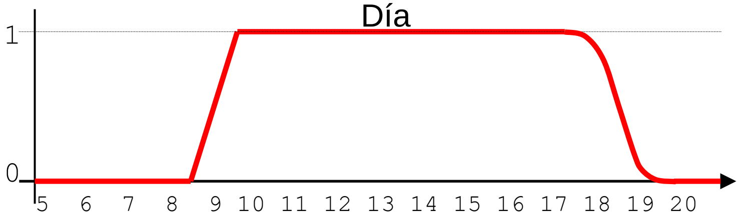
Un grupo cualquiera, podrá acordar que es de noche desde el instante en que desaparece el sol, pero alguien ajeno a dicho grupo se sentiría desconcertado de escuchar hablar de la noche cuando el cielo está aún iluminado.

Es aquí es donde entra la lógica difusa, y, en este caso, mediante un conjunto difuso que se llamara “Día” se vería algo así:



Se ve que en ciertas hora la proposición Día tomará el valor 1, es decir que es totalmente cierta, y en otros momento tomará el valor 0, es decir totalmente falso. Pero la parte interesante es el cambio de un valor a otro. En lugar de realizar un salto de pendiente abrupta, que sería típico de la lógica booleana, el cambio se realiza con cierta pendiente mesurable. Es decir que si alguien nos pregunta si es de día a las 18:30 hs, se podría responder que sólo es de día en un 40%, o en otras palabras: que está oscureciendo.

Se vislumbra la potencialidad de esta teoría, dada su capacidad para representar la realidad con valores intermedios y con expresiones mucho más intuitivas, propias del lenguaje. Además, las pendientes no tienen por qué ser líneas rectas. Si se estudia la disminución de la claridad al atardecer se puede aproximar una curva más realista para la caída de la noche, a saber:



Así, estudiando los cambios entre Verdadero y Falso de las proposiciones, se puede lograr representar mejor la realidad y acercarnos a un lenguaje hablado y, en ocasiones, impreciso (o “difuso”, como lo interpretó Zadeh).

La lógica difusa está basada en el principio de que las cosas no siempre son blancas o negras, sino que se intenta representar la “proporción” de veracidad de una proposición.

Otra de las metas que tenía Zadeh al formular su teoría era la de acercar la lógica al lenguaje hablado. En todos los idiomas existen ponderaciones de las afirmaciones. Las afirmaciones pueden ser casi nada, poco, más o menos, bastante, muy o enormemente ciertas (y aquí sólo se incluyen algunas expresiones). Los conjuntos difusos logran ponderar numéricamente las afirmaciones, por lo que pueden ser más fácilmente traducibles al idioma hablado.

Hasta ahora se ha tratado únicamente los conjuntos difusos. A continuación se verá la forma de combinar estos conjuntos para hacerlos explotables. Se entra entonces en el campo de la Lógica Difusa.

Las proposiciones lógicas en LD (o reglas) son similares a las de la lógica clásica, y están compuestas por un “antecedente” y un “consecuente”. Si se supone una lámpara enfrentada a un fotómetro y un controlador elemental ‘Todo o Nada’ que a su salida controla la lámpara, las reglas que la comandarían serían las siguientes:

“Si hay luz, entonces apagar lámpara”

“Si no hay luz, entonces encender lámpara”

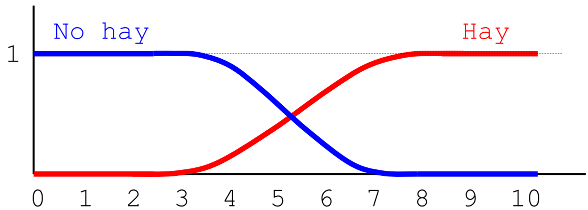
Entonces en lógica clásica existen dos estados para la luz: o la hay, o no la hay, dependiendo que la lámpara esté prendida o apagada. No hay otra opción.

En la LD se proponen situaciones intermedias tanto para los antecedentes como para los consecuentes. Esto se logra mediante los conjuntos difusos, para ello se explicará los conceptos y vocabulario básico de la LD suponiendo un bloque controlador basado en la LD.

- Variables lingüísticas: por ejemplo “luz” y “lámpara”.
- Términos lingüísticos o funciones de membresía de la variable de entrada “luz” al controlador: “No hay” y “Hay”
- Términos lingüísticos o funciones de membresía de la variable de salida “lámpara” del controlador: “Apagar” y “Prender”

La ventaja de la LD, en cuanto a control se refiere, es que admite distintos grados de verdad o de pertenecía expresada con le letra griega μ, como veremos a continuación.

- Grado de pertenencia μ: se entiende el concepto mediante el gráfico siguiente:

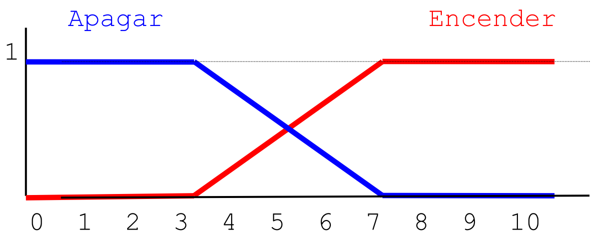


En abscisas se representa la luminosidad y en ordenadas el grado de pertenencia µ.

Se puede decir que el grado de verdad del término lingüístico “No hay” tiene un valor de µ=1 entre los valores de abscisas 0 y 3,2 aproximadamente, un µ=0,5 en 5,2 y un µ=0 a partir de 7,2 hasta 10. Y viceversa, para el grado de verdad del término lingüístico “Hay”.

Se podrían haber incluido otros términos lingüísticos como: “hay casi mucha luz” “hay mitad de luz”, “no hay casi luz”. Para ejemplificar, si se toma el término lingüístico “hay mitad de luz”, sería un cono con base situada en abscisas entre 3,2 y 7,2, y su vértice tendría un grado de pertenencia µ=1 en 5,2 aproximadamente.

A continuación el gráfico de la variable lingüística “lámpara”, con sus dos términos lingüísticos: “Encender” y “Apagar”.



En abscisas se representa la potencia dada a la lámpara.

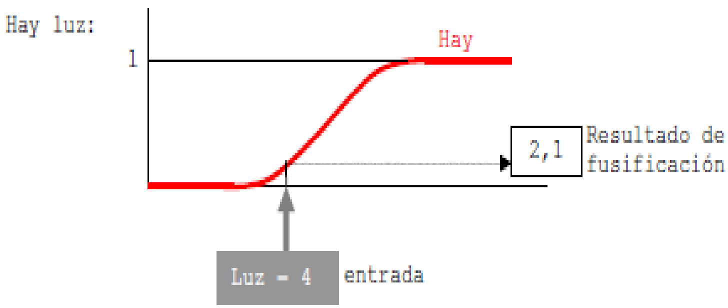
Vemos que la variable lingüística “Apagar” tiene un grado de pertenencia µ=1 entre los valores 0 y 3,2 aproximadamente en abscisas, y la variable lingüística “Encender” tiene un µ=1 entre 7,2 y 10. , es allí donde el grado de verdad es del 100 % para ambas, pero en el

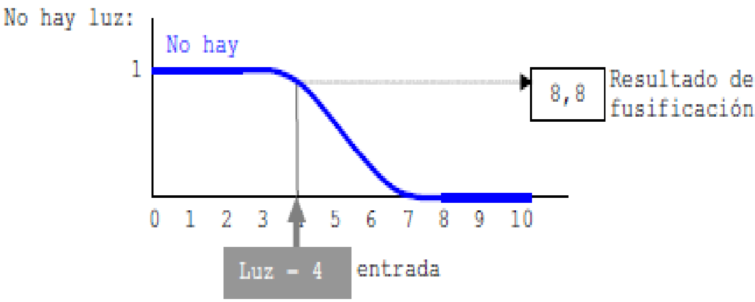
rango entre 3,2 y 7,2 pueden tomar otros valores, o sea su grado de verdad puede ir desde un µ=0 a un µ=1.

Cabe preguntarse ¿cuál sería el aporte de un controlador basado en LD, a diferencia del Todo o Nada? La respuesta está en que alguien podría desear diferentes grados de luminosidad a voluntad. Esto es, una variación continua entre ambos extremos.

El proceso de diseño del controlador basado en la LD posee tres pasos: la fusificación (del término inglés "fuzzy", difuso), el mecanismo de inferencia, y la defusificación.

La fusificación es la determinación del grado de pertenencia del valor de entrada, o sea el antecedente de cada regla. Para ello se utilizan las funciones de membresía o términos lingüísticos de entrada. En este ejemplo, si se supone que el valor de deseado de luz es 4, al fusificarlo se obtendrán dos nuevos valores de grado de pertenencia µ:





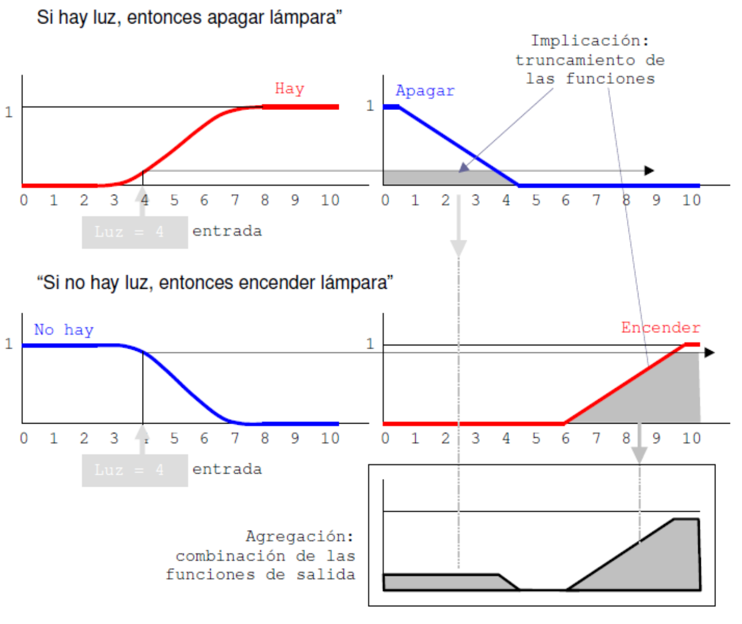
El mecanismo de inferencia es el conjunto de reglas lógicas que combinan las distintas funciones de membresía de entrada, y las relacionan con las funciones de membresía de salida. En nuestro caso hay dos reglas que relacionan las funciones de membresía de entrada: “hay luz” y “no hay luz” con las funciones de membresía de salida “apagar” y “encender”. Este paso está a su vez dividido en tres etapas:

- Aplicación de Operadores Difusos: los antecedentes pueden estar combinados mediante operadores AND u OR en una misma regla. Lo más común es utilizar la función *min()* como operador AND, y *max()* como operador OR.
- Aplicación del Método de Implicación: la implicación es la forma de evaluar cada función de membresía de salida. El método más popular es el AND (*min()*) que consiste en el truncamiento de la función de membresía.
- Agregación de las Salidas: llegado a este punto se tienen tantas funciones de membresía de salida como reglas difusas. La agregación es el método

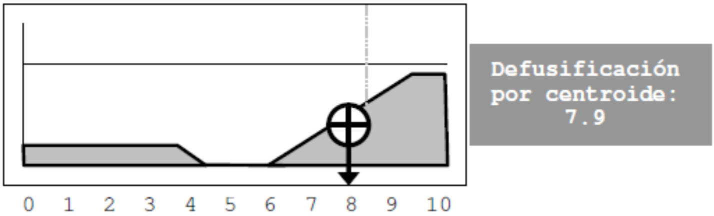
mediante el cual todas estas funciones se combinan para obtener una sola, siendo la función *max()* la más utilizada.

En la bibliografía sugerida se encontrará material que profundiza al respecto.

Luego se verá que existen modelos más sencillos, concretamente sobre el controlador difuso para el sistema motor – generador desarrollado.



Finalmente, se debe convertir el conjunto difuso obtenido tras la agregación en un valor único de salida. Esto se logra gracias a la defusificación del mismo. Una vez más encontramos varios métodos para ello. Probablemente el más popular sea el cálculo del “centroide”, que devuelve el centro del área bajo la curva.

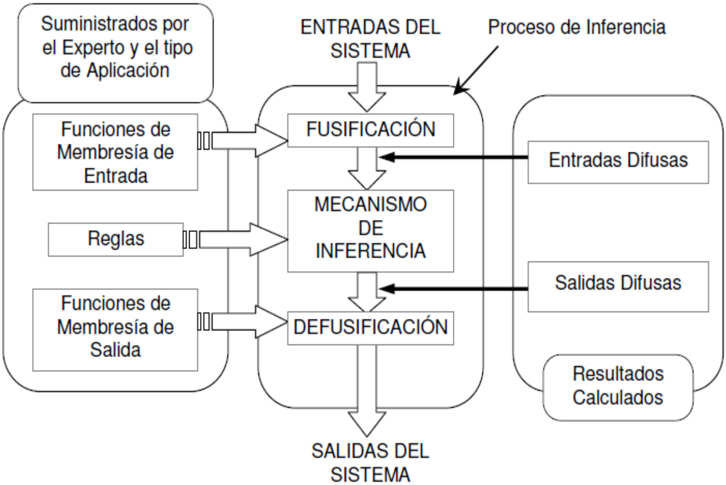


Esto representa que para mantener la luz con una luminosidad de 4 es necesario aplicar una potencia de 7,8 vatios. Obviamente las abscisas en ambos casos es en términos relativos y deberán aplicarse los respectivos factores de escala y unidades, lúmenes para la entrada y vatios para la salida.

Se han presentado en estas páginas los principios básicos de la lógica difusa. El ejemplo tratado consta de una entrada y una salida, y sólo hay dos reglas difusas. La potencialidad de la lógica difusa está en poder trabajar con cantidades importantes de reglas, y de poder combinar en ellas muchas entradas diferentes e independientes entre sí.

Como se ve, se trabaja con reglas enunciadas en lenguajes humanos, que permiten una interacción simple con el programador que diseña el controlador difuso.

A continuación se presenta un esquema del proceso de Lógica Difusa. Los pasos de este proceso son iguales para cualquier aplicación que se desee, ya sea un control, una toma de decisión, una previsión, o cualquier otra aplicación que se imagine.



3. Sistema Motor – Generador: como se anticipó, éste proyecto tiene por finalidad el control de tensión en bornes de un generador que atiende cargas que varían permanentemente en forma aleatoria, o cambios en la

tensión deseada (SP) constituyendo ambos disturbios algo que deben ser neutralizados convenientemente.

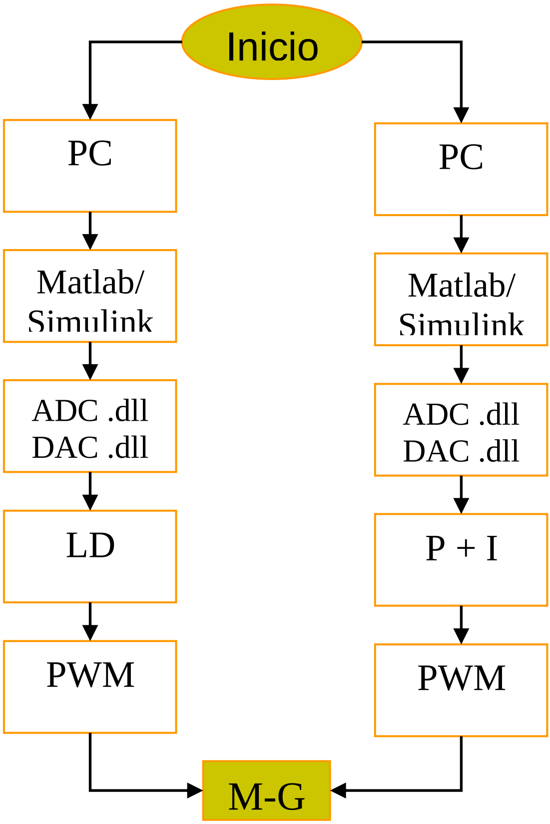
Como se vio, la salida del controlador, llamada *variable manipulada* es la velocidad de rotación del motor, que debe reaccionar de forma adecuada a fin de mantener la tensión de salida del generador en el valor deseado. Como en cualquier sistema similar, se podría reemplazar el motor de corriente continua aquí utilizado, por ejemplo, por una turbina y en ese caso, manipular el caudal de vapor de entrada a la misma. Es así, que este desarrollo se ha pensado de una manera flexible de forma tal de poder adaptarlo posteriormente a otras situaciones o aplicaciones industriales, además de las pedagógicas.

3.1 Desarrollo: en su construcción se utilizó una plaqueta de 8 entradas y 2 salidas analógicas, empleando en este caso una de cada una. Una PC procesa, mediante Matlab® / Simulink®, el algoritmo de control difuso y alternativamente uno P+I a fin de comparar desempeños.

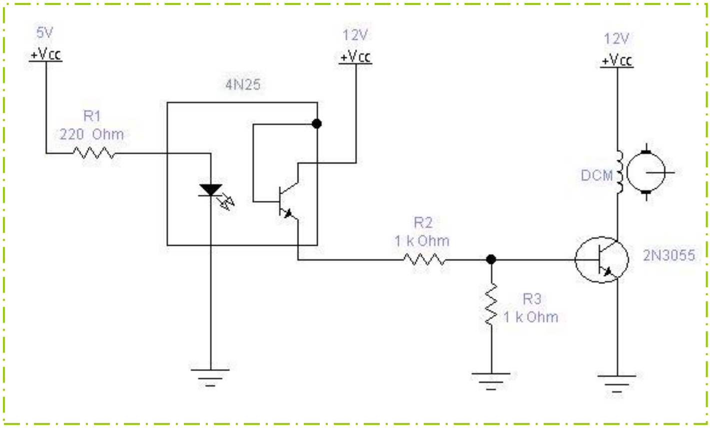


Plaqueta de 8 entradas y 2 salidas analógicas

El diagrama siguiente sintetiza la parte de control, ya sea el P+I o el basado LD.

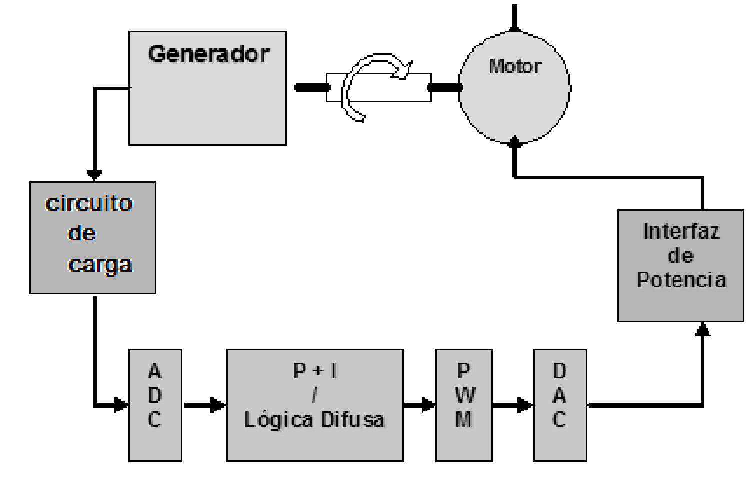


El Sistema Operativo de la PC soporta y da base al software Matlab® y éste a su vez a Simulink®, que recibe las señal de entrada, que es la tensión en bornes del generador, a través del ejecutable ADC.dll, ya en Simulink® se implementa todo el control y la salida que es un bloque PWM, mediante el ejecutable DAC.dll entra a una interfaz de potencia que alimenta al motor, cuyas rpm constituyen la variable manipulada que puede corregir la tensión en bornes del generador.



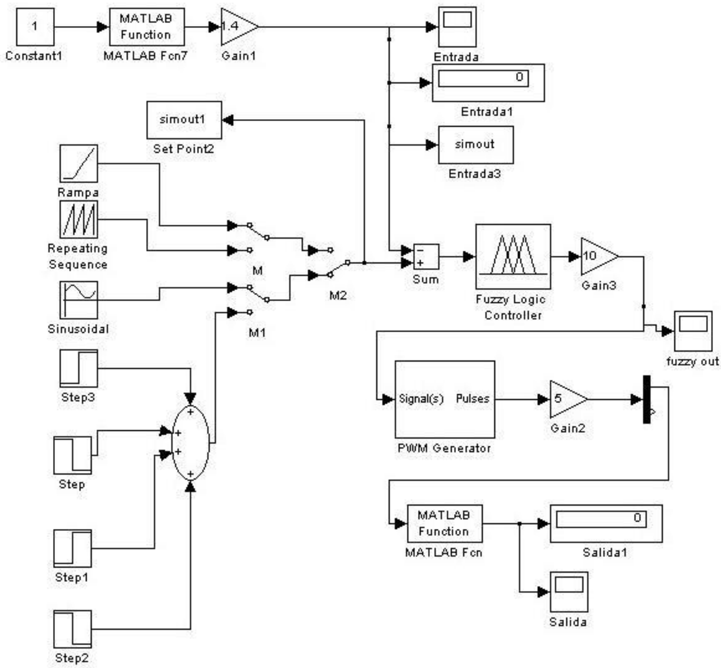
Interfaz de potencia

Como ya se adelantara, todo el conjunto descripto constituye, un lazo de control realimentado.

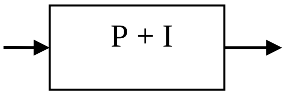


3.2 Simulink® corriendo en tiempo real: el software mencionado cuenta con varios paquetes adicionales, llamados *Toolbox*, como generadores de señales senoidales, en rampa, en escalón, de modulación por ancho de pulso (PWM) , funciones de operaciones aritméticas, de control, entre ellas el algoritmos P+I , funciones de transfencias en el dominio "s" y de Lógica Difusa, osciloscopios virtuales y contadores, por solo mencionar algunos.

Estas herramientas, permiten arrastrar de la *Toolbox* elegida y pegar a la pantalla principal de Simulink® la función o bloque que se necesite, a continuación se presenta el "armado" de bloques tanto para el controlodador P+I o de LD:



Los controladores pueden ser fácilmente intercambiados, basta reemplazar el de LD (Fuzzy Logic) por el P+I.



Se tratará de explicar dicho diagrama: a través del bloque Matlab Fcn7 , que contiene a ADC0.dll, se toma a través de la plaqueta, la tensión del generador.

La señal es multiplicada por un bloque de ganancia constaste de 1,4 para ecualizar los niveles internos.

La señal se visualiza con el osciloscopio Entrada , se cuenta su valor instantáneo con Entrada1 y se envía a memoria para su registro histórico con Entrada 3, luego ingresa a un bloque de suma *Sum* con signo negativo.

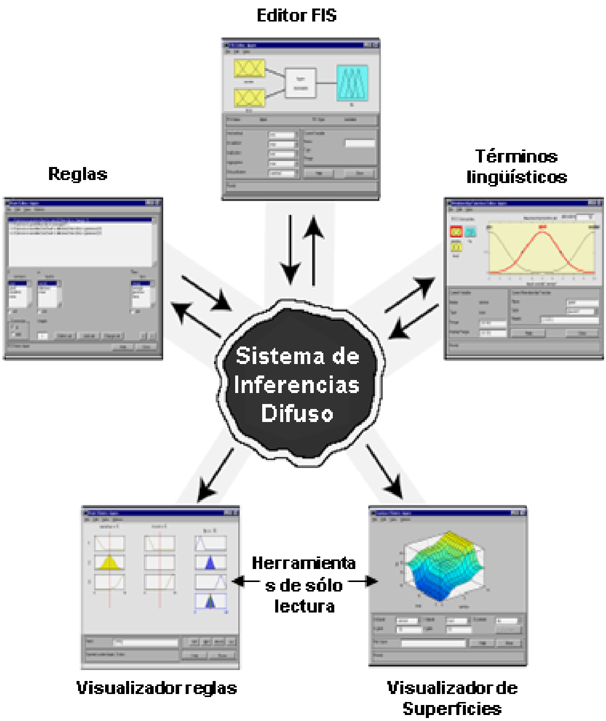
A su vez el Valor deseado, de referencia o Set Point (SP), ingresa al bloque *Sum* con signo positivo, a la salida del mismo se obtiene el error.

El SP, puede ser de forma Rampa , Serrucho, Senoidal y de salto en escalón programables para que cambien automáticamente a través de la corrida, cuya duración puede ser también programada. Ello se logra seleccionando durante la corrida, M y M2 a voluntad, sus valores se mandan para registro histórico con el bloque SetPoint2 (los nombres y números asignados a los bloques son arbitrarios).

El error entra al bloque P+I o LD , aquí denominado *Fuzzy Logic Controller*, su salida se multiplica por una ganancia constante de 10, va a un osciloscopio llamado *Fuzzy Out* , luego ingresa a un bloque generador PWM, a cuya salida se la multiplica por una ganancia constante de 5 , luego entra a un desmultiplexador para finalmente ingresar al bloque Matlab *Fcn* que entrega la salida al DAC0.dll ingresando a la plaqueta y de allí a la interfaz de potencia cuya salida hace variar las rpm del motor mediante modulación por ancho de pulso (PWM). Los valores instantáneos se visualizan con el osciloscopio Salida y el contador Salida1. Una nota sobre las ganancias constantes, las mismas son necesarias para

ecualizar tanto la entrada como la salida a valor de tensiones TTL (0 a 5 Vcc), con las que trabaja la plaqueta.

3.2.1 Toolbox Fuzzy Logic o LD: una vez desplegada ésta herramienta, se tienen los siguientes elementos para implementar el controlador basado en LD.



En el gráfico se muestran las ventanas con sus respectivos comandos, con los cuales se puede acceder a la configuración del sistema, utilizar el comando de ayuda para ver más detalles.

El **Editor Fuzzy** se ocupa de los parámetros esenciales del sistema: entradas, salidas, nombres, tipo de defusificación (en nuestro caso Mamdani), etc. El límite de la cantidad de entradas está dado únicamente por los recursos de memoria.

El **Editor de Funciones de Membresía (*Membership*) o Términos Lingüísticos** permite definir las formas de todas las funciones de membresía asociadas a cada variable, aquí del tipo gaussiano, aunque podría haber sido triangular, etc.

El **Editor de Reglas o Inferencia** permite editar la lista de reglas que definen el comportamiento del sistema.

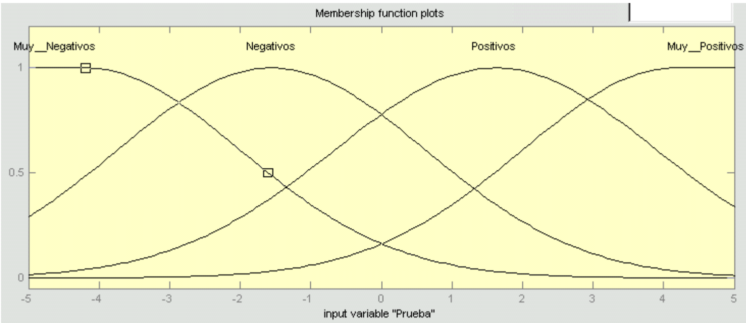
El **Visualizador de Reglas** consiste en una ventana que muestra un diagrama de inferencias difusas, donde se puede dar distintos valores a las entradas y así observar el comportamiento del sistema.

El **Visualizador de Superficies** presenta gráficamente la dependencia de la salida con respecto a una o dos de las variables de entrada. Es decir que genera una superficie de salida para el sistema. Estos Visualizadores sirven para observar el Sistema de Inferencias Difuso. Son herramientas de sólo lectura.

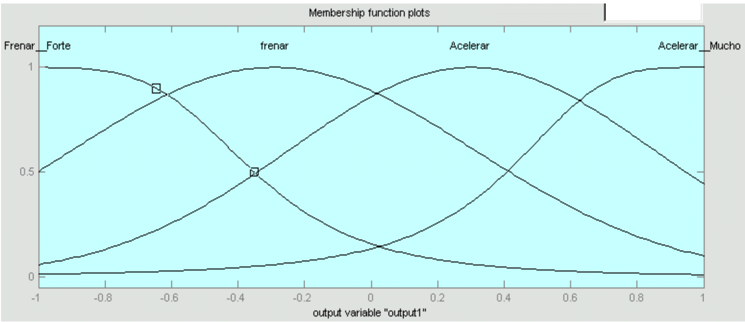
Basados en lo ya visto, se tiene:

Variables lingüísticas: para la entrada "error" y para la salida "rpm"

Términos lingüísticos para "error": "Muy_Negativo", "Negativo" , "Positivo", "Muy_ positivo", recordar que cuando el signo del error es (-) , la tensión generada es mayor a la deseada y viceversa.



Para "rpm": "Frenar Fuerte", "Frenar", "Acelerar", "Acelerar Mucho"

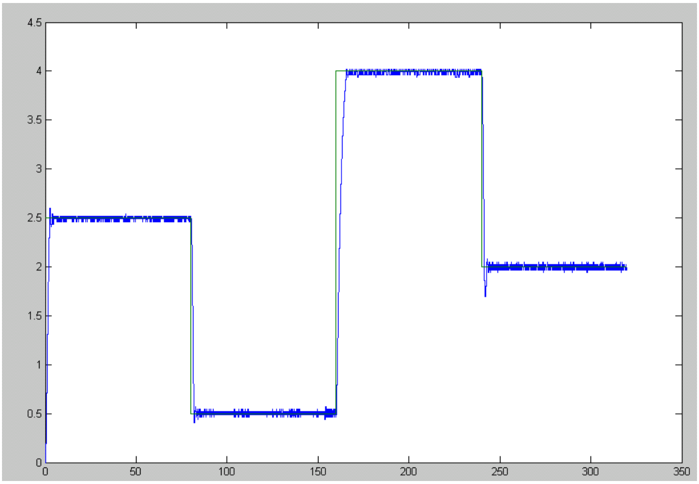


Reglas de inferencia:

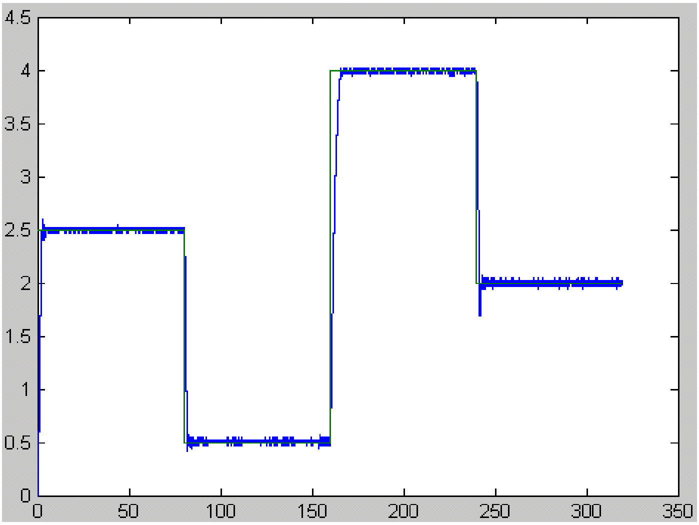
- Si el error es muy negativo luego frenar mucho
- Si el error es negativo, luego frenar
- Si el error es positivo, luego acelerar
- Si el error es muy positivo, luego acelerar mucho

Es conveniente notar cuando el grado de verdad o de pertenencia µ de cada variable lingüística, ya sea de entrada o salida es máxima, cero o toma valores intermedios, que se pueden modificar al hacer *click* sobre cualquiera de ellas y desplazarlas a voluntad y en función del operador humano que su términos de expresiones habladas, vuelca su experiencia operativa.

3.3. Resultados: los gráficos siguientes muestran los desempeños de ambos controladores.



Con controlador P+I



Con controlador basado en LD

En verde, los cambios de valores deseados y en azul la tensión en bornes del generador, se desprende que ambos desempeños son satisfactorios, en basa en LD, se apega más al SP en los cambios de escalón, aunque oscila un poco más en los tramos rectos. La corrida fue de 320 segundos.

Entonces cabe la pregunta ¿Cuándo emplear controlador basados en LD?

La respuesta es que la Lógica Difusa permite plantear el problema en los mismos términos en los que lo haría un experto humano. Hay que considerar que el P+I no tiene buen desempeño en sistemas o procesos altamente no lineales, en cambio, si hay operadores humanos que pueden lidiar con ellos, la LD puede replicar su accionar.

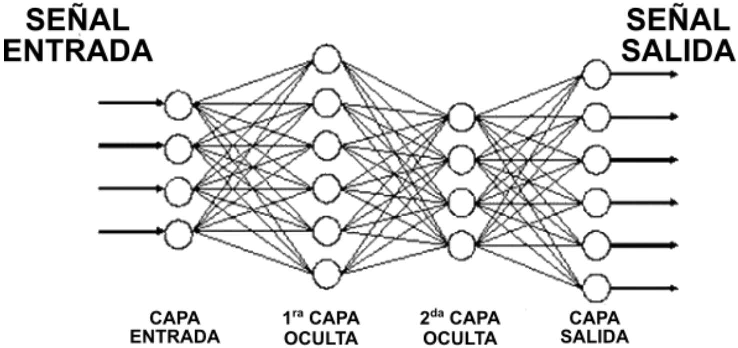
3.4. Técnica Neuro Fuzzy o Sugeno: si bien ésta opción no se utilizó en el control del sistema motor-generador, ya que su desempeño es satisfactorio con el tipo Mamdani, se debe decir que el editor FIS (*Fuzzy Inference System*) de la página 17, ofrece ésta técnica y puede ser de interés para el lector una introducción a la misma.

Para mejorar los sistemas de LD con capacidades de aprendizaje, puede integrarse las tecnologías de Redes Neuronales Artificiales o RNA, porque se denomina “Neuro Fuzzy” o tipo Sugeno, que combina las ventajas de ambas tecnologías.

3.4.1 Principios básicos de las RNA: el núcleo de ésta técnica radica en que la RNA asociada con la LD entrenan sus componentes mediante un algoritmo basado en datos de muestra. En general estos datos proceden directamente desde un sistema o proceso a controlar.

Las RNA se basan en la imitación de la mente humana por un sistema informático, esto ha sido un objetivo de los científicos durante el último siglo. Hace unos 50 años, los investigadores crearon los primeros modelos de hardware electrónico de células nerviosas. Desde entonces, un gran segmento de la comunidad científica continúa trabajando en nuevos modelos matemáticos y algoritmos de entrenamiento. Hoy en día, las llamadas "redes neuronales artificiales" son las que más interés despiertan en este campo. Estas utilizan una serie de unidades computacionales simples llamadas "neuronas", cada una de las cuales intenta imitar el comportamiento

de una sola célula del cerebro humano. A continuación, se hace referencia al cerebro como una "red neuronal biológica" y la implementación informática simplemente como "redes neuronales artificiales " o RNA.



La figura muestra la estructura básica de una red neuronal artificial. Cada neurona en una red neuronal, procesa las múltiples entradas pero cuenta con una sola salida que se puede ramificar para brindar su información a múltiples neuronas, dicha información es única e igual para las neuronas receptoras. Algunas de las neuronas forman la interfaz de la red neuronal con el medio externo, tanto para las señales de entrada como para las de salidas, una RNA es entonces, un sistema MIMO (Múltiples Entradas, Múltiples Salidas). Si se observa, la red neuronal tiene una capa para las señales de entrada y otra para las de salida. La información a la RNA se procesan a través de la misma hasta que llegan

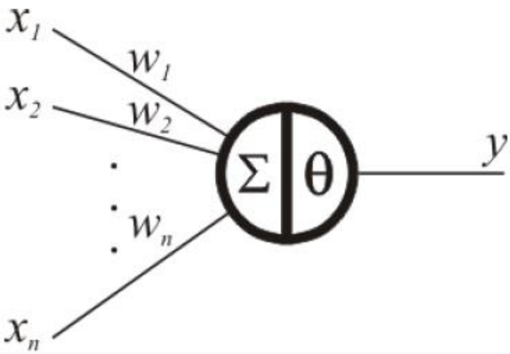
a la capa de salida, entre estas capas puede haber una o más capas ocultas cuya misión de explicará más adelante. Es necesario aclarar que las RNA constituye un método para modelar sistemas o procesos a partir de datos, en ese sentido hay muchos más, por ejemplo el ajuste por mínimos cuadrados.

El objetivo de una RNA es procesar la información de la forma en que se ha entrenado previamente. Este entrenamiento utiliza conjuntos de datos de muestra de entradas y salidas correspondientes o un “maestro” que califica el desempeño de la red neuronal.

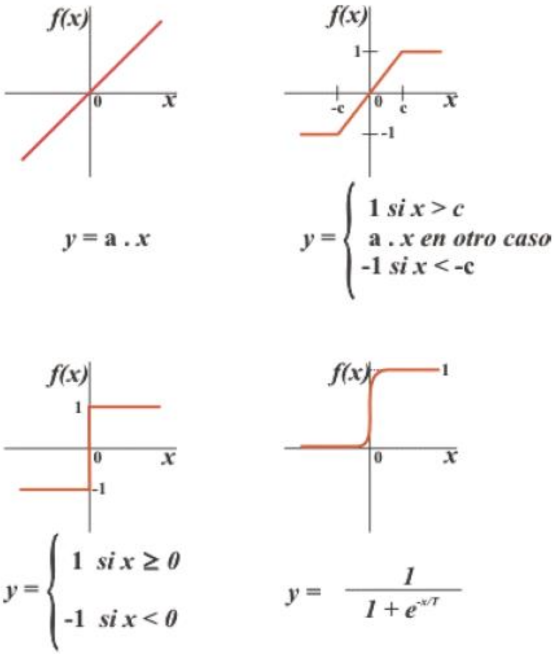
En este punto se agrega que Matlab® cuenta con una *Toolbox* específica llamada *Neural Network*, independientemente de la ya mencionada *Toolbox Fuzzy Logic*. Allí el lector encontrará variados ejemplos de los tipos de entrenamientos para las RNA.

Dicho esto, las RNA utilizan los denominados "algoritmos de aprendizaje", cualquiera que sea el paquete de software orientado a éste fin, al crear una RNA la misma es boba y no refleja ningún comportamiento. A continuación, el algoritmo de aprendizaje modifica las neuronas individuales de la red, teniendo en cuenta su peso y superar su función de activación.

$$\sum_{i=1}^{n} x_i w_i \geq \theta$$

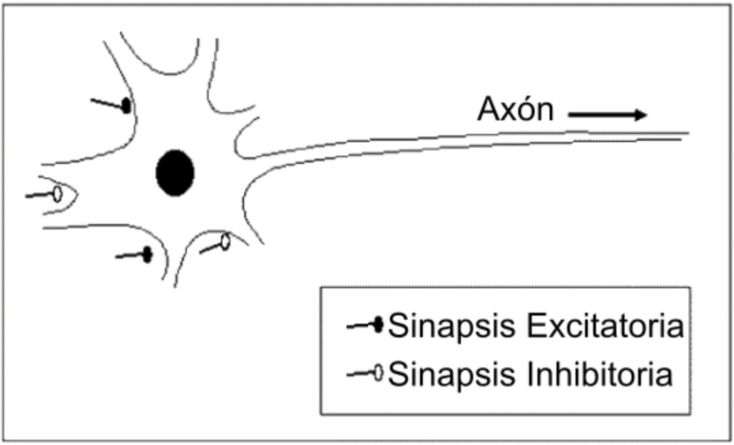


Explicando el gráfico , se ve una neurona con x_n entradas, cada una de ellas será afectada por un peso, la sumatoria de la mismas deberán superar una cierta función de activación θ, produciendo una salida en y. Se puede decir que dicha salida produce una “sinapsis excitadora” a las siguientes o no, o sea una “sinapsis inhibidora”, términos estos tomados de la biología neuronal. Respecto de la funciones de activación son muy variadas, unas de las más comunes, son:



.

En el gráfico siguiente, en forma muy simplificada , se expone una neurona biológica.

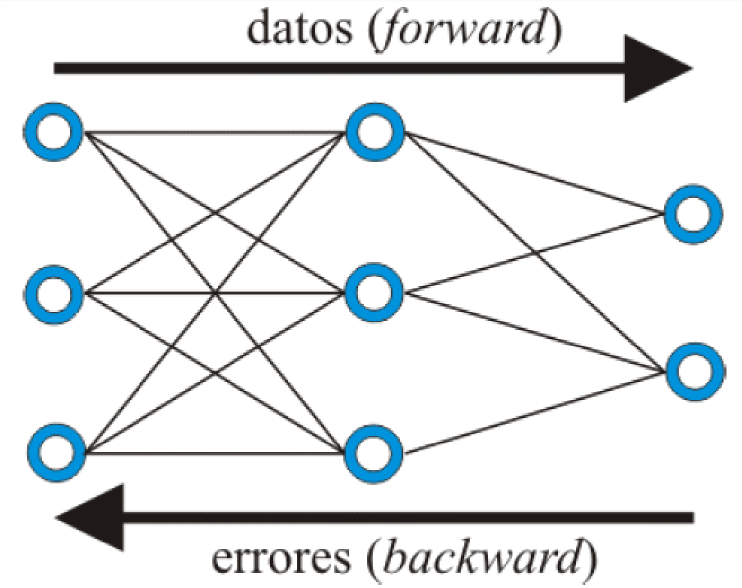


El cerebro humano contiene aproximadamente 10^{11} células nerviosas con aproximadamente 10^{14} conexiones entre sí. La propia célula contiene un núcleo y una membrana eléctrica externa. Cada neurona tiene un nivel de activación, que oscila entre un máximo y un mínimo. Por tanto, a diferencia de la lógica booleana, no solo existen dos valores.

Para aumentar o disminuir la activación de esta neurona desde otras neuronas, existen sinapsis. Estas sinapsis llevan el nivel de activación de una neurona emisora a una neurona receptora. Si la sinapsis es excitadora, el nivel de activación de la neurona emisora aumenta la activación de la neurona receptora. Si la sinapsis es inhibidora, la activación de la neurona emisora disminuye la activación de la neurona receptora. Las sinapsis no solo se diferencian por si excitan o inhiben la neurona receptora, sino también por la cantidad de este efecto (fuerza sináptica). La salida de cada neurona es transferida por el axón, que termina en hasta 10,000

sinapsis, cada una de las cuales influye en otras neuronas.

Dicho esto, uno de los métodos para el entrenamiento de una RNA boba, es el llamado " Retropropagación de Errores" o BP (*backward propagation of the error*) que consiste en tener un conjunto de datos de entradas y salidas de un sistema, físico, económico, etc. Dicho conjunto se divide en dos subconjuntos, uno llamado de entrenamiento y otro denominado de validación.



Se toma el subconjunto de entrenamiento, se presentan las entradas y se verifican si las salidas de la RNA coinciden o no con las de los datos reales, de no serlo, se vuelve hacia atrás ajustando los pesos de cada

neurona en un proceso iterativo hasta que coinciden. Se dice que la RNA está entrenada.

A continuación se le presenta a la RNA, los datos de entradas del subconjunto de validación, datos que no son conocidos por la misma. Las salidas generadas por la RNA, deben coincidir con los datos de salida del subconjunto mencionado, en ese caso se dice que RNA está validada.

En cuanto a las capas ocultas (*hidden layer*), una RNA sin las mismas, sólo relaciona entradas y salidas en forma una ecuación lineal, dos o más capas modelan sistemas de con polinomios de cualquier grado.

El lector interesado puede descargar de Research Gate un artículo, citando en la búsqueda a cualquiera de los autores de este trabajo; dicho trabajo incluye, el desarrollo paso a paso de un programa en Matlab®.

Para finalizar esta breve introducción a las RNA, se hace hincapié es que el punto de partida para las RNA fueron son las redes biológicas pero su resultado final poco o nada tiene que ver con las mismas.

3.4.2 Tecnologías neuronales y difusas: el beneficio clave de la LD es que permite describir el comportamiento deseado del sistema con relaciones simples "y si pasa esto, luego hago esto". En muchas aplicaciones, brinda una solución más simple y efectiva., como es el caso del sistema motor – generador explicado.

Si bien esta es ciertamente una ventaja de la LD, al mismo tiempo es su mayor limitación. En muchas aplicaciones, el conocimiento que describe el

comportamiento deseado del sistema está contenido en conjuntos de datos. Aquí, el diseñador tiene que derivar las reglas "si …, luego …" de los conjuntos de datos de forma manual, lo que con grandes conjuntos de datos requiere un gran esfuerzo.

Cuando los conjuntos de datos contienen conocimiento sobre el sistema que se va a diseñar, una RNA promete una solución, ya que puede entrenarse a sí misma a partir de los mismos.

A veces las RNA requieren un esfuerzo computacional adicional, por lo que los sistemas Neuro Fuzzy constituyen una técnica poderosa pero que tiene fortalezas y debilidades. No obstante se insiste en que una combinación inteligente de las dos tecnologías ofrece lo mejor de ambos mundos. Combinar la representación explícita del conocimiento de la lógica difusa con el poder de aprendizaje de las RNA puede ser una solución para el control de sistemas o procesos.

3.4.2.1 Entrenamiento de sistemas Neuro Fuzzy o Sugeno: básicamente es el uso del método de BP , por lo que un desarrollo de ésta técnica consta de los siguientes pasos:

Paso 1: obtener datos de entrenamiento.

Paso 2: creación de un sistema de lógica difusa inicial.

Paso 3: utilizar el aprendizaje BP.

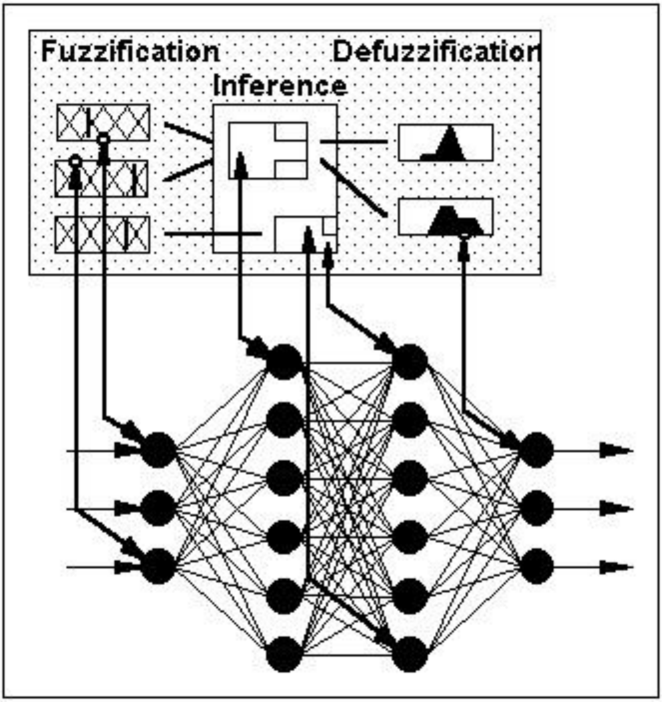
Paso 4: fase de entrenamiento.

Paso 5: fase de validación.

Cuando se comienza con un diseño de Neuro Fuzzy, el primer paso es obtener los conjuntos de datos que representan el comportamiento deseado del sistema. Cada conjunto de datos proporciona valores de salida para una combinación de variables de entrada.

El proceso de entrenamiento de Neuro Fuzzy comienza con un sistema de lógica difusa inicial, analizando los datos del subconjuntos de entrenamiento y proponiendo una estructura del sistema, esto es, definiendo las funciones de membresía o términos lingüísticos y también las reglas de inferencia, llamadas en ésta etapa reglas predeterminadas a partir de las cuales puede empezar el entrenamiento. Hasta ese punto es una LD convencional.

El método de aprendizaje BP define cómo los errores entre los resultados calculados por la LD inicial y los valores de salida deseados modificarán las reglas de inferencia y funciones de pertenencia.



Cuando comienza a entrenar, el editor gráfico muestra cómo el sistema Neuro Fuzzy modifica dichas reglas y grados de pertenencias μ de las funciones de membresía. Lograda una relación de datos de entradas y salidas deseadas, se somete al sistema entrenado al subconjunto de datos de validación. De ser satisfactorio el resultado, el sistema Neuro Fuzzy está apto para el control.

4.0. CONTROL TRANSCURSIVO

La implementación del control difuso arrojó como subproducto una serie de funciones de entrada y de salida que fueron relacionadas mediante determinadas reglas que alimentaron un motor de inferencia. Hemos

tomado dichas funciones como los aspectos fundamentales que estructuran un patrón (PAU) que permite un verdadero control difuso del motor-generador, ya que, mediante la LT, es posible “rellenar” las discontinuidades que necesariamente se producen entre dichas funciones, evitando así el tener de “fuzzificarlas” y “desfuzzificarlas”, para poder aplicar las reglas y luego obtener los resultados, respectivamente.

4.1. GRUPO GENÉRICO (Salatino, 2019)

Para abordar las distintas funciones, a los que deberíamos encontrar una solución o una explicación, se construyó una herramienta basada en un grupo de Galois genérico.

Aislar la estructura esencial o relevante de un fenómeno es equivalente a definir un grupo de transformaciones que una vez aplicadas dejan el problema, esencialmente, en la misma situación desde donde se partió (invariancia). El conjunto de esas transformaciones son las “simetrías” del problema (Noether, 1918) Con los aspectos esenciales se conforma un grupo (una disposición lógico-estructural) al que llamamos PAU (Patrón Autónomo Universal), y la solución consiste en una regla (una función) que depende solo de esos parámetros básicos. (Figura 2)

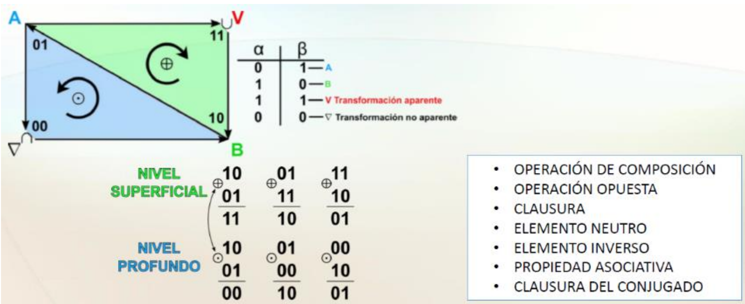


Figura 2 GRUPO GENÉRICO

En la figura anterior vemos dos aspectos esenciales de un fenómeno cualquiera (A y B), y las relaciones que guardan entre sí mediante dos transformaciones: una superficial o aparente (V) y otra oculta o profunda (∇). La manera que tenemos para identificar cada uno de estos elementos es mediante la individualización de alguna característica que le sea propia a cada aspecto esencial (α y β). Según los códigos binarios resultantes, tenemos que A se identifica por tener la característica β, pero no la α. Por el contrario, B se identifica por poseer la característica α, pero no la β. Esto nos está diciendo que A y B son opuestos con respecto a las características α y β, que son excluyentes. Las transformaciones se distinguen porque, la superficial (V) posee ambas características (α y β) de los aspectos que relaciona (A y B), es lo que denominamos co-presencia u organización, o lo que se evidencia en cualquier fenómeno que está siendo observado.

La transformación profunda (∇), por su parte, muestra una ausencia total de las características que identifican los aspectos que relaciona (co-ausencia o desorganización). Como vemos, tal como ocurre con los aspectos esenciales (A y B), aquí las transformaciones V y ∇ son opuestas. Pero, además, ambos pares son complementarios, ya que sumados dan la unidad aparente (11), que no es otra cosa que la transformación evidente o superficial (la organización). Queda así conformada una oposición mediada por otra oposición. (Conexión de Galois)

En el esquema de la figura se observa que entre A y B existe, además de la relación directa, mediada por una transformación que hemos descrito, una relación indirecta entre ellos que es compartida por los dos ciclos

que se han conformado. Uno superficial de giro dextrógiro (en el sentido horario) que representa las simetrías de rotación del sistema y constituye el ‘polo objetivo o cuantitativo’, y uno profundo de giro levógiro (en el sentido antihorario) que es una evidencia de las simetrías de reflexión de nuestro patrón universal y representa al ‘polo subjetivo o cualitativo’. Los giros opuestos constituyen otro modo de complementariedad que asegura la simultaneidad en la operación de ambos ciclos, en donde, tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos de cualquier fenómeno real o no deben estar presentes al mismo tiempo.

Finalmente, para que todo el sistema no sea solo una estructura inerte, debe existir una regla o función que lo ponga en movimiento. Esta regla ($\oplus$ = XOR) permite ‘desplazar’ superficialmente, hacia la derecha (transformación cuantitativa o aparente) cada uno de los elementos del nivel para ocupar el lugar de su sucesor en la secuencia, sin perder por eso su propia identidad (simetría de rotación), hasta que el sistema vuelva al comienzo desde donde partió. Con la operación anterior, suponemos que hemos alcanzado la solución del problema planteado por los aspectos observables del fenómeno. A nivel profundo, y como no podría ser de otra manera, la regla o función utilizada es la opuesta a la superficial ($\odot$ = XNOR o equivalencia), la cual permite desplazar hacia la izquierda los elementos del sistema. Aquí, cuando el sistema vuelve a la disposición original, luego de las sucesivas transformaciones cualitativas, obtenemos la completa solución al problema (simetría de reflexión). En definitiva, es este nivel, el de los aspectos que caracterizan un fenómeno, el determinante de lo que nos muestra en apariencia ese mismo fenómeno. Lo que unifica los dos niveles es la experiencia que surge de haber solucionado, alguna vez, un problema similar.

La estructura relacional que hemos utilizado cumple con las características que identifican un grupo de permutación o de Galois. 1) *Clausura*: la aplicación de una transformación de composición (XOR) a un par de sus elementos evidentes produce otro elemento que pertenece al conjunto. 2) Posee un *elemento neutro* o identidad (00) tal que compuesto con cualquier otro no lo modifica; 3) Cada elemento del conjunto tiene su *inverso*, tal que compuestos por una transformación, dan el elemento neutro. 4) *Propiedad asociativa*: todas las composiciones logradas mediante una determinada transformación son independientes de su agrupamiento. 5) *Clausura del conjugado*: existe una transformación opuesta a la de composición (XNOR) que, aplicada a los elementos no evidentes, produce otro elemento del conjunto.

En el caso que nos ocupa, tenemos dos *variables*: una independiente (tensión o profunda), y una dependiente (velocidad o aparente). Pero además, tenemos *perturbaciones*, que podemos calificar mediante algunos de sus aspectos. Por ejemplo, en *qué* consisten, *cómo* se producen, y *cuándo* lo hacen. Las variables nos dirían *por qué* ocurre lo que ocurre, es decir, explicarían el fenómeno.

De acuerdo con el planteo anterior, vemos que el grupo que estamos definiendo y que interrelaciona los aspectos fundamentales del control difuso o continuo del motor-generador, necesita para identificar cada uno de sus estados de cuatro características en lugar de dos como el grupo genérico (Figura 3).

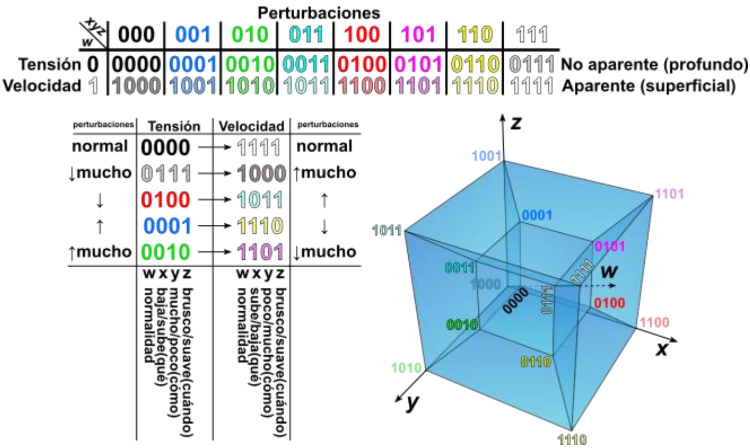


Figura 3 PAU DEL CONTROL TRANSCURSIVO

Dada la equivalencia que la LT estableció entre los colores de la luz y la lógica binaria de Boole (Salatino, 2009), es posible, para hacer los cálculos, utilizar colores en lugar de guarismos. Es por esta razón que hemos dispuesto las funciones difusas de entrada y de salida, frente a su equivalente en color. En otras palabras, las reglas difusas son reemplazadas por un color. Para obtener la salida correspondiente, solo se debe negar el código binario del color de entrada (que representa una determinada tensión, a la que se ha llegado luego de la aparición de algunas perturbaciones), lo cual es equivalente a encontrar el color complementario, el cual nos dirá cuál es la velocidad que debe alcanzar el rotor para elevar o disminuir la tensión, según sea el caso.

En el esquema anterior se ha agregado una interpretación geométrica de la solución al problema de control, en donde se puede apreciar que un manejo "continuo" (analógico) y en tiempo real es posible, a pesar de que se opere con señales digitales. Solo se

debe encontrar el equivalente de uno de entre 2.147.483.648 colores y sus correspondientes complementarios (256^4) con un nivel de tensión, algo que se puede lograr con un sensor RGB. Luego, habría que calcular el complementario para expresarlo, por ejemplo, mediante PWM (modulación de ancho de pulso), que simula una señal analógica desde una señal digital, lo cual implica solo una negación. De esta forma se logra un control continuo en tiempo real, ya que es como si se dispusiera de “infinitas reglas”.

5. Reconocimientos

Agradecemos a los Ingenieros nóveles, Ana de Pedro Poj, Norberto Pesce y Hamid Kadri de la carrera de Ingeniería Mecatrónica de l'École Nationale d'Ingénieurs de Brest (Francia) y de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo, por intervenir activamente en este Proyecto en condición de alumnos próximos a egresar.

Igualmente al Ingeniero Nicolás Barbat, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República (Montevideo, Uruguay), quién en su condición de alumno avanzado realizó una pasantía auspiciado por el Programa MARCA en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cuyo desarrollando la Guía Práctica para alumnos de Ingeniería Industrial para uso en el Laboratorio de Control del Sistema Motor – Generador.

Referencias:

Brandt, D, Imamichi, C., McGregor, H., Moses, I. and van der Vorst (1996). Integrating Technical and Non-technical Issues in Control Education. Control Eng. Practice, Vol 4, Nº 5, pp 655 a 662.

Franklin, G.F.; Powell, J.D. and Emani-Naeini, A. (1995) . Feedback Control of Dynamics Systems – Third Edition.Addison-Wesley, EEUU.

Fuzzy Logic Toolbox (2002). User's version 2, The Mathworks, Inc.

Hempel, C. G. (1952). Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science. Chicago, The University of Chicago Press.

Horacek, P. (2000). Laboratory Experiments for Control Theory Courses: a Survey". Annual Reviews in Control, Vol. 24, pp 151 a 162.

Kosko, B. (1997). Fuzzy Engineering". PrenticeHall.

Lewin, D.R., Rockman, J. and Lavic, R. (1996). Teaching Advanced Process Control to Undergraduates. Computers Chemical Engineering Vol. 20, Suppl., pp 1347 a 1352, EEUU.

Noether, E. (1918). Invariante Variationsprobleme, Nachr. d. König. Gesellsch. d. Wiss.zu Göttingen, Math-phys. Klasse, s. 235-257.

Puglesi, A.E., Salatino, D.R., Bernasconi, M.S. (2002). Aplicación de Redes Neuronales en Control de Procesos , un Tutorial sobre su aplicación en Planta Piloto Pedagógica.

Salatino, D. R. (2009). Semiótica de los sistemas reales. Tesis Doctoral en Letras especialidad Psicolingüística por la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

Salatino, D. R. (2019). Fundamentals of a new research method. Inter. J. Res. Methodol. Soc. Sci., Vol. 5, Nº 1, pp. 52-73 (Jan. – Mar. 2019); ISSN: 2415-0371.

Terano, Toshiro; Asai, Koyoji; Sugeno, Michio (1994). Applied Fuzzy Systems, Boston AP, EEUU.

Yager, R. and Filev, D. (1994). Essentials of fuzzy modeling and control”. John Wiley & Sons, Inc., EEUU.

* * *

7. Análisis transcursivo de los Sistemas Operativos. El concepto de “Semáforos”

Italo Alejandro Ortiz[32]

Resumen: En la mayoría de los textos referentes a Sistemas Operativos, que son de uso habitual en carreras de grado, se trata el tema de sincronización de procesos desde varios puntos de vista. Uno de estos es utilizando funciones primitivas del sistema operativo denominadas semáforos. Se ha encontrado que, salvo raras excepciones, la descripción del procedimiento que permite la sincronización de procesos es acompañada de la definición de las funciones *wait()* y *signal()*, o denominaciones equivalentes, pero no hay diagramas que representen la interacción entre un proceso y estas funciones. El propósito de este trabajo fue proponer diagramas derivados de la Lógica Transcursiva como método de representación gráfica de la interacción entre procesos y semáforos, cuando los primeros se encuentran en situaciones de competencia o de colaboración. El método utilizado para lograr una representación coherente con el proceso consistió en analizar, en forma lógica y simplificada, los distintos estados por los que transita un proceso en su flujo de ejecución, y la relación que hay entre estos estados y los semáforos cuando un proceso necesita un recurso que es compartido con otro u otros procesos. Se encontró que el patrón autónomo universal cíclico es útil para representar el flujo de ejecución de un proceso, mientras transita sus regiones críticas y no críticas y los estados en los cuales el proceso tiene un recurso asignado o no lo tiene. Por otra parte, mediante patrones autónomos hemicíclicos exógeno y endógenos se pueden representar las funciones *wait()* y *signal()* y la relación entre estas y el paso de un proceso al estado de bloqueado o de desbloqueado respectivamente. Además, ambos patrones se pueden conectar dando lugar a una representación gráfica elaborada que modela la interacción que existe entre el proceso y el

[32] Facultad Regional Mendoza – UTN.

sistema operativo, a la hora de solicitar un recurso compartido o de liberarlo.

Palabras claves: Sistema operativo, semáforos, procesos, lógica transcursiva.

Introducción

En el presente trabajo se realiza un breve repaso de algunos conceptos relacionados con los sistemas operativos en lo referente a procesos y la sincronización que se debe realizar cuando se utilizan recursos compartidos.

Este repaso aborda temas como procesos, región crítica, recursos compartidos y métodos paras sincronizar procesos.

Posteriormente se analiza cuáles son los patrones autónomos universales (PAU), que pueden representar el flujo de un proceso y la relación entre este y el acceso a recursos compartidos, siguiendo los lineamientos sugeridos por Salatino (2019).

Finalmente se elabora un diagrama en el que se integran los patrones autónomos seleccionados para lograr una representación que integra tanto el nivel de proceso como el nivel de *kernel*.

Conceptos de sistemas operativos

Hay varias definiciones de lo que se entiende como sistema operativo, entre estas podemos encontrar las siguientes:

Un sistema operativo es un programa que maneja el hardware de una computadora, proporcionando una base para los programas de aplicaciones y actúa como un intermediario entre el usuario y el hardware de la computadora. Silberschatz (2013, P. 3) (Traducción propia).

Estructura general de un proceso

La estructura general de un proceso propuesta por Silberschatz (2006, P. 173) es la siguiente:

```
do{
      ingreso a RC
            region critica
      salida de RC
            otra region
} while(true);
```

Otros autores proponen estructuras similares, por ejemplo, en Stallings (2012, P. 209):

```
/* PROCESO 1 */
void P1
{
while (true)
      {
            /* código anterior */;
      entrarcritica (Ra);
            /* región crítica */;
      salircritica (Ra);
            /* código posterior */;
}
```

Analizando ambos pseudocódigos se observa que, en general, un proceso ejecuta un ciclo en forma repetitiva; y que en este ciclo hay dos zonas o regiones claramente identificadas.

Una zona denominada *región crítica*, en la cual el proceso utiliza un recurso que es compartido con otro u otros procesos en forma concurrente.

Una o más *regiones no críticas*, donde el proceso realiza diversas tareas para las cuales no necesita compartir ningún recurso.

Dado que en la región no crítica no se comparte ningún recurso no hay necesidad de sincronizar la ejecución de los mismos con otros procesos.

Sin embargo, dado que en la región crítica de un proceso se utiliza un recurso que es compartido con otros procesos surge la necesidad de sincronizarla para que la utilización del recurso compartido no genere inconvenientes.

En general el principal inconveniente que puede ocurrir si se permite el acceso simultaneo de dos procesos a un mismo recurso (compartido) es la posible inconsistencia del valor almacenado en el recurso.

Supongamos que el recurso compartido es una zona de memoria compartida, a la que llamaremos “almacén”, y que esta zona de memoria se comparte entre 2 procesos, uno que consulta el almacén para obtener un valor, al que llamaremos “consumidor”, y otro que modifica el almacén colocando nuevos elementos en él; a este proceso lo llamaremos “productor”.

Si se permite el acceso simultáneo de ambos procesos al almacén se podrían generar las siguientes inconsistencias (Carretero Pérez (2003):

a) El productor intenta introducir elementos en al almacén cuando este está lleno.
b) El consumidor intenta extraer elementos del almacén cuando este está vacío.
c) El productor sobrescribe un elemento del almacén.
d) El consumidor extrae del almacén un elemento que ya ha sido consumido.
e) El consumidor extrae un elemento mientras el productor lo almacena.

Este escenario, que se aborda en la mayoría de la bibliografía sobre sistemas operativos, se denomina el problema del productor-consumidor.

Puede verse que, para que no se produzcan las inconsistencias mencionadas, es necesario sincronizar el acceso de los procesos a la zona compartida, tanto en escenarios de colaboración (productor-consumidor), como en escenarios de competencia (lector-escritor).

En la bibliografía referente al este tema se sugieren varios métodos para evitar los inconvenientes mencionados, algunos de estos métodos son: exclusión mutua, dormir y despertar, monitores y semáforos.

Para el desarrollo del presente trabajo se analizado la sincronización de procesos por medio de semáforos, abordándolos desde la perspectiva de la Lógica transcursiva.

Conceptos de semáforos.

Conceptualmente, la entidad semáforo en un sistema operativo tiene la misma finalidad que un semáforo en el control del tránsito. En este último los semáforos *sincronizan* la circulación vehicular permitiendo en forma

alternativa que los vehículos puedan acceder a su sentido de marcha o impidiendo su circulación.

Estos semáforos viales habilitan al conductor (sujeto) para que continúe con su marcha (objeto), o bien lo inhabilitan. Demás está decir que el comportamiento del semáforo no depende de la mayor o menor necesidad del conductor para continuar su marcha, sino que son controlados por una entidad superior que es la que ha determinado las características de su funcionamiento.

En este sentido existe una analogía casi total entre el semáforo vial y un semáforo como entidad de un sistema operativo, salvo por el hecho de que el vial dispone de una luz amarilla que no existe en los semáforos que son objeto de este análisis.

La otra pequeña diferencia que los separa es que el semáforo vial es del tipo SI/NO, es decir binario, en tanto que los semáforos utilizados para sincronizar procesos pueden ser tanto del tipo binario como contadores. En este último caso el semáforo se pone en rojo (NO) cuando la cuenta llega a cero, está en verde (SI) cuando la cuenta es mayor que cero.

Para ilustrar esto se tomará como caso de análisis el problema del *productor-consumidor*, cuyo algoritmo resumido se muestra en la Tabla 1.

En este problema típico de ejecución concurrente existen 2 procesos, uno denominado *productor* y otro llamado *consumidor*.

El *productor* genera un elemento de cierto tipo y lo almacena en una zona de memoria limitada, que es

compartida por ambos procesos, y que puede considerarse como un almacén.

```
const int TBUFFER=1024
semaphore       s       =       1,
elementos=0,huecos=TBUFFER;

void productor() {
    while (true){
        produce();
        wait(huecos);
        wait(s);
        append();
        signal(s);
        signal(elementos);
    }
 }

void consumidor(){
    while  (true) {
        wait(elementos);
        wait(s);
        take();
        signal(s);
        signal(huecos);
        consume();
      }
 }

void main()
 {
   parbegin  (producer, consumer);
 }
```

Tabla 1. Algoritmo productor-consumidor

El *consumidor*, extrae los elementos producidos desde la zona de memoria compartida, consumiéndolos.

Suponiendo que el consumidor está inactivo, el productor puede producir y almacenar tantos elementos como el tamaño del almacén. Cuando el almacén no tiene más espacio disponible el productor debe pasar a una fase de inactividad.

Cada vez que el productor genera un nuevo elemento, y antes de almacenarlo, realiza una llamada a un semáforo que controla la cantidad de espacios disponible; línea 6 de Tabla 1. Si no hay espacios disponibles desactiva al consumidor, colocándolo en un estado que se denomina de bloqueo. De esta forma impide el paso del proceso a la región crítica, en la cual accede a la zona de memoria compartida.

Si asumimos que el proceso es el sujeto de la acción y lo comparamos con el conductor del auto frente a un semáforo, este último realiza lo que se denomina una *espera activa*, ya que permanentemente está controlando el estado del semáforo.

Si bien desde el punto de vista de los procesos existe espera activa ésta no es recomendable porque se consumen ciclos de procesamiento que podrían ser destinados a otros procesos en un sistema de multiprocesamiento. Por lo que, cuando el contador del semáforo que cuenta la cantidad de espacios de almacenamiento disponibles, también llamados huecos, llega a cero bloquea al proceso dejándolo totalmente inactivo.

EL consumidor solo puede extraer elementos del almacén si estos existen. Si no hay elementos

producidos permanecerá bloqueado hasta tanto tenga algo para consumir.

Entonces, antes de consumir llama a un semáforo que controla la cantidad de elementos que hay en el almacén, línea 15 de Tabla 1, resultando bloqueado si el almacén está vacío.

Definición de semáforo y primitivas

De las diversas definiciones de primitivas de semáforos, Ben-Ari (2006); Carretero Pérez, J et. al. (2003); Silberschatz, A et. al. (2006); Stallings (2018); entre otros, se ha seleccionado y adaptado para el análisis la propuesta hecha por Stallings (2018, p. 246); mostrada en Tabla 2.

El semáforo, que es tratado como una estructura, tiene 2 elementos, la variable entera "value" (línea 3 de Tabla 2) y la variable de tipo cola "*queue*" (línea 4 de Tabla 2).

Esta estructura se utiliza es 2 funciones, que son primitivas del sistema operativo.

```
struct semaphore
   {
     integer value;
     queueType queue;
   };

void wait(semaphore s)
    {
       s.value= s.value - 1;
       if (s.value < 0)
          {
            /*  place  this  process  in
s.queue */;
            /* block this process */;
          }
    }

 void signal(semaphore s)
    {
       s.value= s.value + 1;
       if (s.value <= 0)
          {
           /*  remove  a  process  P  from
s.queue */;
           /*  place  process  P  on  ready
list */;
          }
    }
```

Tabla 2. Definición de primitivas de semáforos binarios

La primera es “*wait*” que decrementa el valor de la variable semáforo (línea 9 de Tabla 2) y luego testea si el valor es menor que 0 (cero) (línea 10 de Tabla 2). Si es así el proceso es colocado en la cola de procesos “*s.queue*” (línea 11 de Tabla 2) bloqueándolo (línea 12 de Tabla 2), impidiendo el acceso del proceso a la región crítica

En caso contrario la función retorna al punto de llamada permitiendo el ingreso del proceso a su región crítica.

La segunda primitiva es “*signal*”, la que se invoca cuando el proceso sale de la región crítica, Tabla 1 líneas 9 y 18.

Esta primitiva incrementa “*s.value*” (línea 17 de Tabla 2) y luego verifica si su valor es menor o igual a cero. Si esto ocurre remueve un proceso de la cola de procesos bloqueados (línea 20 de Tabla 2) y lo coloca en la cola de procesos preparados “*ready list*” (línea 21 de Tabla 2) para que sea planificado.

Análisis de la interacción procesos/semáforos bajo la perspectiva de la Lógica Transcursiva.

El análisis de la interacción entre procesos y semáforos se puede realizar por medio de un diagrama de estados como el que se muestra en Figura 1, el cual ha sido tomado de Stallings (2018).

Por otra parte, en Ben-Ari (2006, Pág. 112) se muestra un diagrama de estados, basado en un algoritmo abreviado, de dos procesos que intentan ingresar en sus regiones críticas.

Estos diagramas no muestran claramente la relación entre el ciclo del proceso, sea este productor o consumidor, y su interacción con las primitivas *wait()* y/o *signal()*.

Es por esto por lo que en este trabajo se ha preferido analizar esta interacción, que se da en ambientes donde hay ejecución concurrente de procesos con recursos compartidos, desde la perspectiva de la Lógica transcursiva, para mostrar que esta es una herramienta que permite modelar dicha interacción.

Desde el punto de vista de la ejecución de procesos concurrentes como los que operan en el problema del productor-consumidor se puede ver claramente que hay zonas de ejecución normal que alternan, en un bucle infinito, con zonas de ejecución de regiones críticas.

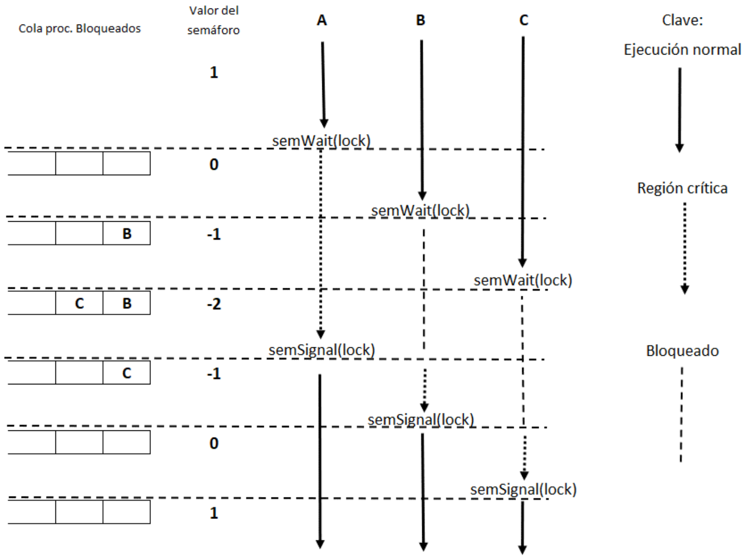


Figura 1-Diagrama de estados propuesto por Stallings (2018)

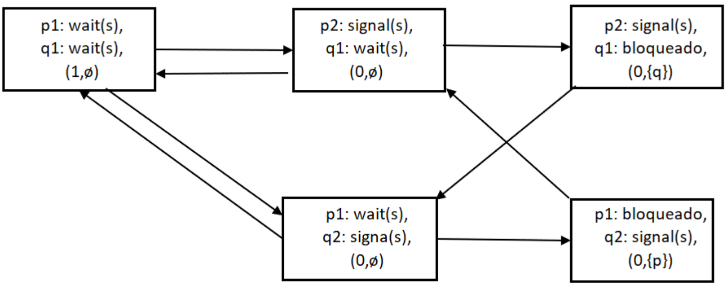


Figura 2-Diagrama de estado para solución de semáforos, extraído y modificado de Ben Ari (2006).

Asumiendo la perspectiva de la lógica transcursiva, en la cual se tiene un sujeto, representado por el o los procesos, que intenta influir temporariamente sobre un objeto, que en el caso del presente análisis es una zona de memoria compartida, y que es necesario para continuar con su ejecución, el patrón autónomo universal, en adelante PAU, que mejor se adapta a esto es el cíclico.

Según lo expresado por Salatino (2019) este PAU "posibilita el análisis de sistemas en donde, sus dos niveles (superficial y profundo) muestran una heterarquía explícita. Esto es, sus dinámicas se activan mediante una sola operación o por el uso de ambas operaciones básicas, al mismo tiempo".

Como se ha visto en la Tabla 1, tanto el proceso Productor como el Consumidor tienen 2 regiones claramente identificadas que alternan en su ejecución.

Para el Productor la primera región, llamada "no crítica", es aquella donde produce un ítem sin necesidad de interactuar con el proceso Consumidor. Esta región es la definida por la línea 5 de Tabla 1.

La región crítica del Productor es la definida por la línea 8 de Tabla 1, donde almacena lo producido en el buffer.

En tanto que el Consumidor tiene como región "no crítica" la línea 20 de Tabla 1 donde consume lo que retira del buffer en línea 17 de Tabla 1, que resulta ser su región crítica.

Nótese que en ambos casos antes de ingresar a la región crítica hay 2 llamadas a la función *wait()*, en la primera llamada se actualiza la cantidad de espacios

libres o de elementos disponibles, según se trate de Productor o de Consumidor.

La segunda llama a *wait()* permite a los procesos ingresar a su región crítica.

Entonces el diagrama de proceso se puede representar por un PAU cíclico, Figura 3, que muestra la estructura del proceso sin mayor detalle. Este PAU por ser del tipo estructural, es equivalente a ver al proceso como una caja negra.

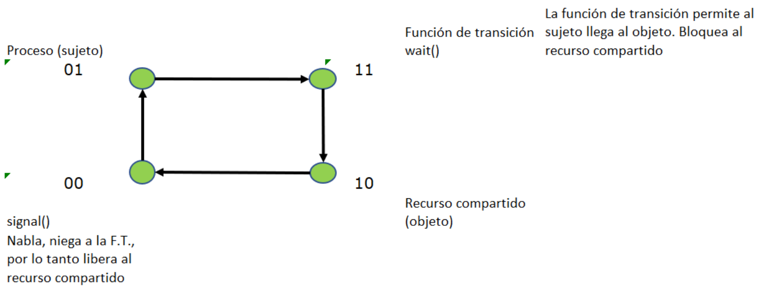


Figura 3 - PAU cíclico para Productor o Consumidor

Vale la pena aclarar que para ambos procesos el recurso compartido no es el elemento que almacenan o extraen sino la posición en el buffer en la cual almacenan o extraen el elemento.

R.C	cambio de zona	
0	1	Proceso no dispone del recurso; zona no crítica.
1	0	Proceso dispone del recurso; zona crítica
1	1	wait() permite acceder a la zona crítica, tomando al recurso.
0	0	signal() proceso abandona al recurso y pasa a zona no crítica.

Figura 4 - Tabla del PAU cíclico

En figura 2 se muestra la tabla que se corresponde con el PAU de Figura 4.

En este PAU puede verse además que en el nodo 01 se encuentra el sujeto y en el 10 el objeto que será accedido por él, por intermedio de la función de transformación, que es la función *wait()*; presente en 11.

La función *signal()*, en el nodo 11, es la opuesta y complementaria a *wait()* toda vez que indica que el proceso abandona el recurso y sale de su región crítica.

Las funciones *wait()* y *signal()* también son susceptibles de ser representadas por un PAU, pero en este caso se han utilizado PAU hemicíclicos, en sus variantes exógena y endógena.

Para la función *wait()* se utiliza un PAU hemicíclico exógeno, Figura 5, el cual tiene la particularidad de comenzar como "externo" y luego de alcanzar cierto umbral se transforma en "cíclico" (Salatino, 2019).

Conviene entonces reescribir esta función para comprender lo dicho precedentemente.

```
void wait(semaphore s)
    {
       s.value= s.value - 1;
       if (s.value >=0)
         {
         return()
         }
       /* place this process in
s.queue */;
       /* block this process */;
```

	}

Tabla 3 – Función wait()

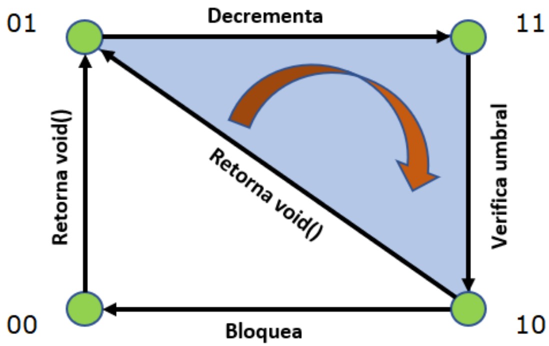


Figura 5 - PAU hemicíclico exógeno de *wait()*

El ciclo exógeno está dado por las líneas 3 a 7 de Tabla 3, cuando se llega al umbral dado por *s.value=0*, comienza a ciclar bloqueando al proceso que la llama.

Para el caso del Productor, cuando se realiza la llamada "*wait*(huecos)", el umbral se alcanza cuando no hay más huecos disponibles en el *buffer* y por lo tanto no se puede almacenar lo producido.

Para el caso del *Consumidor*, cuando se realiza la llamada "*wait*(elementos)", el umbral se alcanza cuando no hay más elementos disponibles para extraer, o consumir del *buffer*.

En este caso resulta apropiado considerar un PAU hemicíclico endógeno, Figura 6, el cual comienza como "cíclico", y alcanzado un cierto umbral, se transforma en "externo" (Salatino, 2019).

Analizando "*signal*", el ciclo endógeno cicla entre las líneas 3 a 7 de Tabla 4, retornando sin desbloquear procesos. A llegar al umbral dado por *s.value=1*, remueve al proceso de la cola desbloqueándolo y colocándolo en la cola de procesos preparados.

```
1    void signal(semaphore s)
2        {
3           s.value= s.value + 1;
4           if (s.value >0)
5             {
6             return()
7             }
8           /*  remove  a  process  P  from
9    s.queue */;
10          /*  place  process  P  on  ready
     list */;
         }
```

Tabla 4 – Función *signal()*

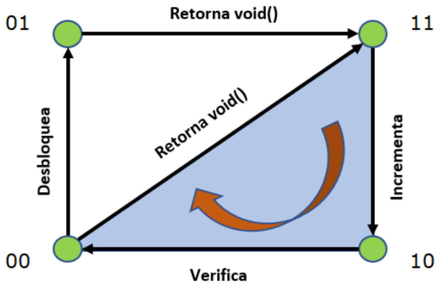


Figura 6 - PAU hemicíclico endógeno de *signal()*

Por otra parte, conectando los PAU exógenos y endógeno se obtiene la Figura 7 en la que se observa la interacción existente entre procesos y las primitivas del sistema operativo *wait()* y *signal()*.

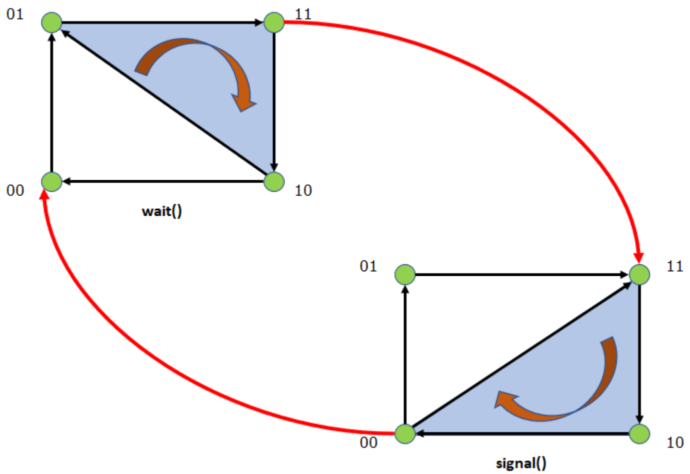


Figura 7 - PAUs integrados

Conclusión

Se ha evidenciado que por medio de un patrón autónomo universal cíclico es posible representar el flujo de ejecución de un proceso, mientras transita sus regiones críticas y no críticas y los estados en los cuales el proceso tiene un recurso asignado o no lo tiene.

Este patrón simula una caja negra, donde solo puede verse el resultado del proceso y no el funcionamiento del mismo, por lo que es apropiado para representar la estructura de un proceso, pero no las funciones involucradas.

En ese PAU puede verse que los niveles superficial y profundo muestran una heterarquía explícita (Salatino, 2019) donde su dinámica se activa por una sola operación básica, *wait()* o *signal()* según corresponda a solicitud de acceso al recurso compartido o liberación del mismo (Salatino, 2019).

Por otra parte, mediante patrones autónomos hemicíclicos exógenos y endógenos se ha logrado representar las funciones *wait()* y *signal()* y los bloqueos o liberación de los procesos.

Estos patrones ponen en evidencia los fundamentos determinantes de las funciones que afectan a los procesos analizados, por lo que se puede decir que operan como “caja blanca”.

Finalmente, conectando ambos patrones hemicíclicos se obtiene una representación gráfica funcional homomórfica respecto del PAU cíclico. Esta representación también opera como “caja blanca”, al dejar en evidencia las funciones que administran la

dinámica del sistema, en relación con el acceso de los procesos a las regiones críticas o la salida de las mismas.

Referencias

Alamansa, J. (2002). Sistemas operativos: Teoría y Problemas. Madrid: Sanz y Torres. ISBN 84-88667-81-7

Ben-Ari, M. (2006) *Principles of concurrent and distributed programming*. Harlow, England New York: Addison-Wesley.

Ben-Ari, M. (1982). *Principles of concurrent programming*. Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall International.

Carretero Pérez, J et. al. (2003). *Sistemas operativos: una visión aplicada.* Madrid: McGraww Hill.

Salatino D. R. (2019). *Segundo Foro Internacional sobre creatividad, investigación y lógica transcursiva.* Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. ISBN 978-950-42-0194-6.

Silberschatz, A et. al. (2006). *Fundamentos de Sistemas Operativos.* Madrid: MC Graw Hill,

Stallings, W. (2018). *Operating systems: internals and design principles.* Harlow, Essex, England: Pearson.

***

8. La Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Puntos de aprendizaje para la implementación de la Gestión Total de la Calidad

Esteban Anzoise[33]; Cristina Scaraffia[34]

Resumen: Este trabajo analiza la implementación de la Gestión Total de la Calidad en las organizaciones desde la perspectiva del proceso de cambio organizacional utilizando la filosofía de calidad de Joseph M. Juran. Para ello se utiliza el enfoque de la Lógica Transcursiva para analizar el proceso de institucionalización de la respuesta organizacional a procesos de mejora continua a nivel de individuo, equipo y organización. La secuencia de operaciones incluidas en la Trilogía de Juran se analiza utilizando el patrón relacional sustentado por la Lógica Transcursiva denominado Patrón Autónomo Universal (PAU). Como principal conclusión se halla que las etapas del proceso de la Trilogía de Juran son equivalentes a las etapas de Aprendizaje Organizacional y da sustento a la Teoría de la Organización Inteligente propuesta por Peter Senge en 1990. En este aspecto, se halla que el sentido de propagación de los puntos de aprendizaje resultantes de la implementación de procesos de mejora continua es coincidente con el propuesto por el Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional. Este hallazgo identifica la necesidad de establecer etapas de institucionalización de soluciones a requerimientos de mejora continua de diversos procesos a través del consenso para lograr su efectiva adopción. Como primera conclusión complementaria se halla el análisis a través de la LT permite emerger factores motivacionales necesarios para una implementación exitosa de la secuencia de etapas que conforman la Trilogía de Juran. Como

33 Instituto de Gestión Universitaria - Grupo IEMI, F. R. Mendoza, UTN
34 Instituto de Gestión Universitaria - Grupo IEMI, F. R. Mendoza, UTN

segunda conclusión complementaria se puede enunciar que la conducción de los equipos de trabajo requiere capacidades de liderazgo por parte de los supervisores cuyo desarrollo no forma parte del proceso de formación de los mismos. Finalmente, surge el papel de la alta dirección para crear una cultura sustentada en el trabajo en equipo, liderazgo de los mandos medios, pensamiento crítico de los operarios y el orgullo y satisfacción del trabajo bien realizado. Surge como principal recomendación la necesidad de establecer acciones efectivas de realimentación de los puntos de aprendizaje desde el nivel organizacional hacia el equipo de trabajo y el individuo y desde el equipo de trabajo hacia el individuo para sostener el desarrollo de una cultura organizacional centrada en la calidad y lograr la efectiva adopción de la calidad como ventaja competitiva.

Palabras claves: <calidad>, <trilogía de Juran>, < Joseph M. Juran >, <aprendizaje organizacional>, <lógica Transcursiva>, <mejora continua>, <gestión total de la calidad>.

Introducción

En un contexto organizacional darwiniano, diversos procesos de cambio organizacional han impulsado la supervivencia de las organizaciones (Hodgson, 2013; Nicholson & White, 2006). El primer factor de cambio surge a principios de 1900 cuando la productividad y su incremento continuo sirve como base del desarrollo económico de las compañías americanas. Su conceptualización y difusión se sustentó en los estudios pioneros de Taylor, Gilberth y Mayo (Helms Marilyn, 1996; Roser, 2016) y fue complementada con el segundo factor de cambio organizacional centrado en el enfoque de calidad total – desarrollado por las compañías japonesas - como ventaja competitiva en la década de los 70s y 80s (Spear & Bowen, 1999).

Luego de la Segunda Guerra Mundial, las empresas japonesas capitalizan los principios de incremento de la productividad desarrollados en EEUU así como los desarrollos del Control Estadístico de la Calidad iniciados con el trabajo de Walter A. Shewhart (1939) como resultado de su experiencia para mejorar el proceso de producción en la planta industrial Hawthorne Works de Western Electric Company ubicada en Cicero, Illinois (Wilson, Porter, & Reiff, 2005). El trabajo pionero de William Edwards Deming (1900 – 1993) que permitió el desarrollo de la gestión de los procesos de calidad, y el de Joseph Moses Juran (1904- 2008) – que consolidó el control estadístico de calidad - (Evans & Lindsay, 2008) sentó las bases para el desarrollo de numerosas compañías japonesas como Toyota Motor Company.

En la segunda década del siglo XXI, en Argentina solo un mínimo número de organizaciones ha iniciado el camino de la calidad para poder establecer una ventaja competitiva y sobrevivir en un contexto altamente competitivo (Anzoise, Talquenca, Bertoni, & Scaraffia, 2020). En el contexto de las Pequeñas y Medianas Empresas (PyMEs) en Argentina, la implementación de sistemas de gestión de calidad, así como la identificación y reducción de los costos de la calidad no figuran como prioritarios en sus objetivos. Al año 2019, el relevamiento de las expectativas de las PyMEs en Argentina realizado por PricewaterhouseCoopers muestra que los temas de mayor preocupación incluyen inflación; fuentes de financiamiento y conflictividad laboral. Como respuesta a dichos factores de contexto, las principales acciones reportadas para afrontar los desafíos del año 2019 incluyen el desarrollo de nuevos negocios, el desarrollo de nuevos canales de comercialización y la reducción de costos y análisis del margen de rentabilidad (PwC Argentina, 2019). No surge en dicho relevamiento la mejora de la productividad sin descuidar la calidad o el incremento de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad. Es difícil establecer las causas de dicha visión equivocada de la calidad entre las organizaciones. Un factor posible es la complejidad y los costos inherentes de implementar un sistema de gestión de calidad en organizaciones civiles en

USA y UK mediante la implementación de diferentes y sucesivas normas como BS5750 (año 1979), ANSI/ASQC Z1.15 (año 1979) y la serie ISO 9000 (fines de 1987) y sucesivas versiones. Otro factor posible es la existencia de diferentes definiciones de calidad y la dificultad inherente de implementar el proceso de cambio organizacional que requiere la suma de acciones para mejorar la calidad de los procesos y reducir los costos de la calidad.

Definiciones de calidad

Es posible identificar tres perspectivas a partir de las cuales se puede definir calidad: la Teoría de la Oferta Limitada; la Teoría de la Calidad en la Misión, y la Teoría del Valor Agregado. La Teoría de la Oferta Limitada descansa en el punto de vista platónico. En el universo platónico, la gente descubre la calidad a través del diálogo lo que permite la aproximación a una definición ideal de calidad. Desde esta perspectiva existe un único modelo que conlleva el producto o servicio ideal. En la práctica, este modelo ha sido la idea de alguien de lo que es el mejor producto o servicio. Esta perspectiva involucra un sentido de elitismo y rigidez que deriva en una homogeneización de productos y servicios líderes en el mercado, copias de productos o servicios que lideran el mercado, y un desprecio por productos o servicios que son radicalmente diferentes[35]. Las definiciones de calidad de Robert M. Pirsing en su libro “Zen y el arte del mantenimiento de la motocicleta”[36] y de Barbara W. Tuchman en su artículo

---

[35] Nota del Autor: Puede citarse como ejemplo de esta perspectiva el cambio de paradigma en la industria relojera suiza con la propuesta de los relojes a cuarzo que fueron adoptados por la industria japonesa

[36] Nota del Autor: Este autor define calidad como “Calidad no es ni materia ni espíritu, sino una tercera entidad independiente de las otras dos..., aun cuando la calidad no pueda definirse, usted sabe bien que es” (Pirsig, 1974, p. 185).

“La declinación de la calidad”[37] se pueden encuadrar dentro de la Teoría de la Oferta Limitada.

Como segunda perspectiva, la Teoría de la Calidad en la Misión ve el potencial para una calidad elevada en la variedad de definiciones de misión para las organizaciones y como la calidad está relacionada con dicha misión. Esta teoría limita el significado de calidad a obtener resultados acordes a las especificaciones de la misión de la organización y a alcanzar los objetivos de acuerdo con los postulados de Philip B. Crosby. Crosby enuncia en su libro *Calidad sin lágrimas* que “calidad tiene que ser definida como la conformidad a los requerimientos y no como lo correcto o lo bueno” [*quality has to be defined as conformance to requirements, not as goodness*] (Crosby, 1984, p. 64). En la misma perspectiva puede encuadrarse la definición de calidad provista por Harold L. Gilmore cuando expresa que “calidad es el grado con el cuál un producto específico está de acuerdo con un proyecto o especificaciones“ (Gilmore, 1974, p. 16).

Finalmente, la Teoría del Valor Agregado se halla en contraste con el punto de vista de la calidad basada en la reputación y en la calidad de los recursos. Esta teoría define calidad en función del valor agregado por el producto o el servicio desde la perspectiva del cliente. El concepto de valor ha evolucionado desde su planteo en los 60s donde “Calidad significa lo mejor para ciertas condiciones del cliente. Estas condiciones son: a) el uso actual y b) el precio de venta del producto” (Feigenbeum, 1961, p. 1). Al incluir la perspectiva del cliente, una de las definiciones que surge es “La calidad es la adecuación para el uso satisfaciendo las necesidades del cliente" (Juran, 1974a, pp.2-2). Por lo que el valor para el cliente queda dado por la relación entre el producto o servicio que recibe con ciertas especificaciones y calidad y lo que tiene que dar para poder acceder a dicho bien. El cliente recibe un

---

[37] Nota del Autor: Esta autora define calidad como “Una condición de excelencia que implica una buena calidad a diferencia de la baja calidad... Calidad es lograr o alcanzar el más alto nivel en vez de contentarse con el chapucero o lo fraudulento” (Tuchmam, 1980)

bien o servicio como resultado de un proceso con una determinada conformidad a las especificaciones del mismo. Por el otro lado, da a cambio un valor monetario definido por el precio del bien o servicio a lo que se suma el esfuerzo para poder acceder a dicho bien o servicio. El esfuerzo para poder acceder a dicho bien o servicio está dado por tres factores: tiempo invertido por el cliente para poder ubicar el bien o servicio; el esfuerzo físico realizado para poder acceder y/o ubicar donde se halla disponible y el costo psíquico producido por la interacción con el proceso de venta y/o la interacción con el bien o servicio adquirido. El balance entre lo que se recibe y lo que se da define para el cliente un resultado neto que se describe en una escala que varía entre "me deleitó" y "superó mis expectativas" a "me defraudó totalmente" y "pero de lo que esperaba" (Klaus, 2015; Owen & Brook, 2008; Reichheld, 2006; Watkinson, 2013). En la actualidad siguen coexistiendo las tres teorías y no es posible llegar a una única definición de calidad. Estas diferentes ópticas sobre la calidad dieron origen a las distintas eras en la calidad. Dichas eras pueden resumirse como: 1) Inspección (pre 1930s); 2) Control de calidad estadístico (1930s- 1950s); 3) Aseguramiento de la calidad (1950s – 1980s); y 4) Gerenciamiento estratégico de la calidad (1980s – 2000s) (Garvin, 1988; Gutarra Montalvo, 2002) (Figura 1).

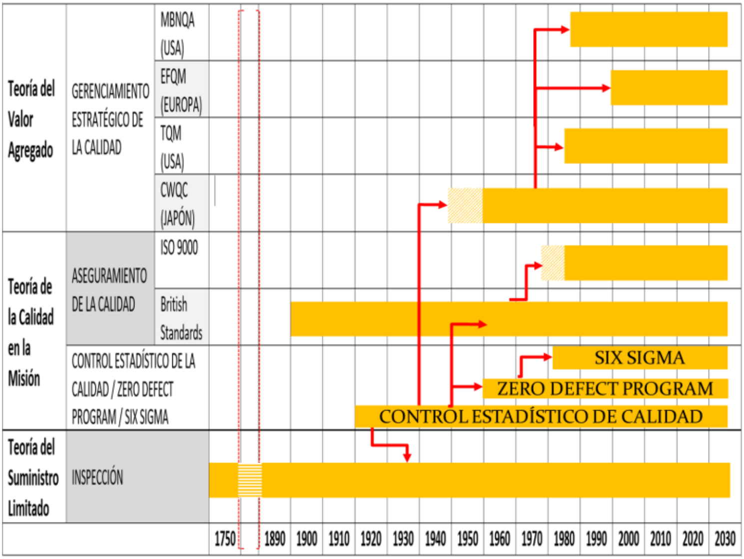


Figura 1: **Teorías de la Calidad y principales interrelaciones entre las distintas eras de la calidad.**

La Trilogía de Calidad de Juran

Juran al igual que Deming fueron fuertemente influenciados por el trabajo de Walter A. Shewhart durante el tiempo que trabajaron juntos para mejorar el proceso de producción en la planta industrial Hawthorne Works de Western Electric Company ubicada en Cicero, Illinois (Wilson et al., 2005). En el periodo 1924 – 1941 Juran fue elegido y participó del entrenamiento en los nuevos conceptos de muestreo estadístico y las técnicas de gráficos de control (Best & Neuhauser, 2006; Juran, 2005). Juran difundió y profundizó la aplicación de los conceptos estadísticos desarrollados por Shewhart a partir de la primera edición del *Manual de Control de Calidad* publicado en 1951. La Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros [Japanese Union of Scientists and

Engineers (JUSE)] lo invitó en 1952 y en 1954 inicia la capacitación de la alta gerencia y de los mandos medios (Kolesar, 2008). A diferencia de Deming, que se focalizó en la formación en principios y herramientas estadísticas, Juran eligió un enfoque gerencial para poder comunicar la responsabilidad de la alta gerencia para gestionar la calidad identificando las cinco áreas primarias de responsabilidad gerencial: 1) establecer la política organizacional sobre calidad; 2) elegir la calidad del diseño (del proceso o servicio); 3) diseñar el plan para organizar la compañía en relación con la calidad; 4) establecer la medición de lo que acontece en la organización con respecto a la calidad; y 5) revisar los resultados obtenidos respecto de los objetivos a alcanzar y las acciones a realizar ante desvíos significativos (Kolesar, 2008).

En un contexto altamente competitivo, incrementar la productividad solo es condición necesaria pero no suficiente para establecer una clara ventaja competitiva respecto de la competencia. Es necesario producir las cantidades requeridas de productos o servicio demandado por los clientes según las especificaciones de ingeniería que satisfagan las necesidades de los mismos al menor costo posible. Esto requiere producir el 100% de productos conforme a especificaciones al menor costo posible.

A medida que la organización establece objetivos de producción más desafiantes, la relación individuo - equipo de trabajo - organización surge como elemento desencadenador del proceso de mejora continuo. En proceso adaptativo, las enseñanzas de Juran fueron adecuadas por Kaoru Ishikawa (el Padre del Control de Calidad en Japón) a un contexto cultural diferente de modo que toda la fuerza laboral fuera consciente del proceso de control de calidad (Peterson & Barker, 1992). En ese contexto, Japón desarrolla a principios de la década de los 60s su visión del Control de Calidad en toda la organización [Company Wide Quality Control (CWQC)] a partir del enfoque de Kaoru Ishikawa cuando expresa que “El control de calidad consiste en el desarrollo, diseño, producción, comercialización y prestación del servicio de

productos y servicios con una eficacia del coste y una utilidad óptima, y que los clientes comprarán con satisfacción. Para alcanzar estos fines, todas las partes de una empresa …. tienen que trabajar juntas” (Ishikawa, 1997, p. 2).
En la etapa inicial de Mejora de la Calidad, planteada en la Trilogía de Juran, donde se debe identificar el punto de mejora del proceso, el punto de arranque es el operario a cargo del mismo o supervisor del proceso. A nivel individual ya sea por un proceso intuitivo o por un proceso cognitivo lógico activo, el operario o supervisor en un proceso industrial o de servicio determinado identifica un punto de mejora, en el proceso bajo control, que permita mejorar el nivel de productos conformes a especificaciones producidos. Inicia un ciclo de búsqueda de mejora organizacional a nivel grupal a través del intercambio de ideas y conceptos con otros operarios del área de trabajo. Esto permite conformar un Equipo de Mejora liderados por un supervisor o jefe del área de producción con dominio de estadística básica, técnicas de resolución de problemas y habilidades probadas de liderazgo de equipos de trabajo de alto rendimiento. El Equipo de Mejora conformado por seis a ocho operarios analizará el punto de mejora identificado o el problema que afecta al proceso que incrementa el número de productos no conformes a especificaciones para poder identificar y recomendar soluciones (Hutchins, 1984). Desde la perspectiva de control de calidad desarrollada en Toyota Motor Company, la construcción de un sistema organizacional que busque sin descanso la eliminación de fallas internas en el proceso de producción para reducir sus costos requiere un proceso continuo de ensayo y error centrado en la línea de proceso, ya que “la verdad existe en la *gemba* (el lugar de trabajo donde la acción sucede) donde las teorías son solo producto de la imaginación” (Ohno, 2012, p. 9).
En este contexto, la gestión de la calidad, según Juran (1999), se realiza por medio de una trilogía que consiste en la Planificación de la Calidad, Control de la Calidad y Mejora de la Calidad (Juran, 1998). La Planificación de la Calidad es “el proceso estructurado para desarrollar productos (tanto bienes físicos como servicios) que asegure que las necesidades del consumidor se satisfagan con el producto final” (Early &

Coletti, 1998, p. 45). Este proceso es necesario, no solo para los bienes y servicios requeridos por los clientes externos, sino que, además, para los clientes internos, entendiendo a estos como los miembros de la empresa, quienes forman parte del producto o proceso. Este proceso es capaz de lograr las metas de calidad bajo las condiciones de operación, consta de una serie de pasos que comprende: 1) Fijar objetivos de calidad; 2) Identificar a los clientes; 3) Determinar las necesidades de los clientes; 4) Desarrollar características del producto que respondan a las necesidades de los clientes; 5) Desarrollar procesos que sean capaces de producir esas características; y 6) Establecer controles de proceso, y transferir los planes resultantes a las fuerzas operativas. El Control de Calidad "es un proceso de gestión universal para conducir operaciones de modo de proveer estabilidad – para prevenir cambios adversos y mantener el "status quo"" (Juran & Godfrey, 1998, p. 95). En dicho proceso se incluye evaluar el comportamiento de la calidad real para lo que se debe comparar el comportamiento real con los objetivos planteados y luego actuar en base a las diferencias. Finalmente, la Mejora en la calidad se entiende como creación organizada de un cambio beneficioso y se define como "elevar el comportamiento de la calidad hasta unos niveles sin precedentes" (Juran, 1998, p. 16). Esta etapa conduce las operaciones a niveles de calidad marcadamente mejores de aquellos que se han planteado originalmente y requiere: 1) establecer infraestructura necesaria para asegurar la mejora anual de la calidad; 2) identificar las necesidades específicas para mejorar; 3) crear para cada proyecto, un equipo que tenga la responsabilidad de dirigir el proyecto hacia un fin satisfactorio; y 4) proporcionar los recursos, la motivación y la formación necesaria para que los equipos diagnostiquen las causas, fomenten los remedios y establezcan controles para que perduren los logros (Juran, 1996). La figura 2 muestra la relación entre los elementos de la Trilogía de Juran y la interacción entre el nivel de calidad a nivel operacional definido por individuos y equipos de trabajo la planificación de la calidad que requiere una perspectiva organizacional (Juran, 2010).

Este estudio argumenta que el análisis de la implementación de la Trilogía de Juran como un proceso de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva permite superar las limitaciones impuestas por el análisis organizacional clásico e identificar las etapas de institucionalización para lograr su efectiva implementación.

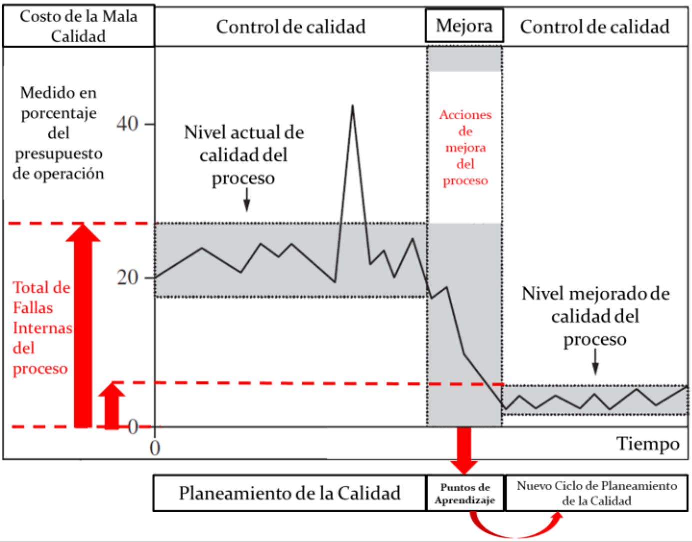


Figura 2: **La Trilogía de Juran en el control de la calidad. Adaptado de Juran, J. M. (2010). The Universal Methods to Manage for Quality. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.**

Metodología de análisis

El análisis de la implementación de la Trilogía de Juran como un proceso de Cambio Organizacional se realiza desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva (LT). Esta lógica

propone la existencia de un modelo relacional, del género de Modelo Autómata Finito Determinista No Sincrónico, denominado Patrón Autónomo Universal (PAU) de validez universal. Este modelo relacional establece una correspondencia particular entre dos subgrupos: uno superficial formado por elementos estáticos perfectamente identificados por un código binario y la transformación aparente que los relaciona; y el otro de naturaleza profunda formado por los mismos elementos estáticos pero ahora con una transformación oculta que los desorganiza para reorganizarlos en un siguiente estado produciendo una evolución adaptativa frente a las demandas del marco de referencia planteado en un contexto de investigación definido. Este modelo así propuesto permitiría describir la relación entre los diferentes componentes de fenómenos sociales y naturales tales como biología, filosofía, psicología, economía, física y literatura (Salatino, 2017a, 2017b).

Para el área social, la LT propone un modelo definido por cuatro elementos: dos de ellos de naturaleza estática identificados como sujeto (S) observador (01), unidad biológica con capacidad para introspección y para interactuar con el mundo en forma independiente; y el objeto (O) observado (10), que es aprehendido mediante el sistema bio-externo (la biología del sujeto, que pertenece a la misma categoría que todos los objetos inertes (sin vida) que se encuentran en el entorno)[38]. El tercer elemento (V) es la transformación que interrelaciona el S observador con el O observado, lo que se proyecta, a modo de respuesta en el sistema sociocultural (SSC). Finalmente, como cuarto elemento identifica el Sistema Psico-Interno (SPI) que reside en el interior del Sujeto donde se procesa la percepción del mundo externo luego de cada interacción con el mismo y se genera una nueva visión del mundo que transforma al sujeto (Figura 3). La tabla 1 muestra las condiciones lógicas asignadas a cada estado del modelo planteado donde la

[38] Nota del autor: Desde la concepción subjetivista de la LT, el único "sujeto" que existe es el observador. Los "otros sujetos" que conviven con él, son vistos como "objetos" con capacidad para modificar el entorno, algo que un objeto inerte no puede hacer.

transición entre los diferentes estados depende del resultado de la transición anterior.

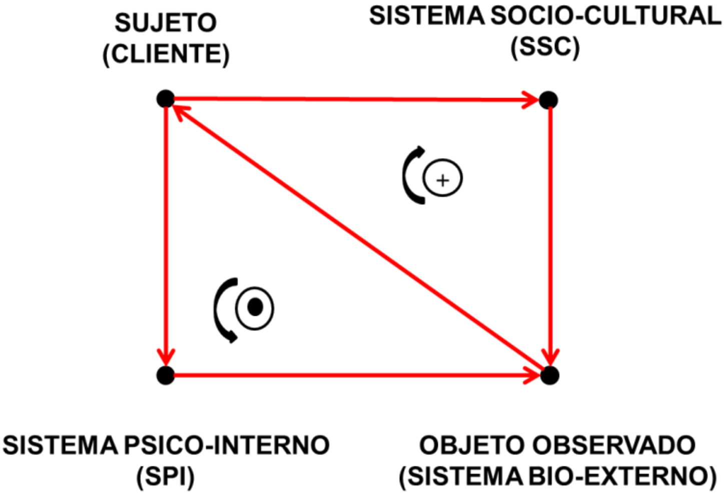


Figura 3: **Esquema del Patrón Autónomo Universal para el área social. Adaptado de Salatino, D. R. (2017). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3(2), 18.**

Tabla 1

Relación lógica entre los componentes del modelo social de la LT

OBSERVADOR	SUJETO	DESCRIPTOR
0	1	El Sujeto surge como referencia y es independiente del Objeto Observado
1	0	El Objeto Observado existe en el Sistema Bio-Externo (SBE) y ve al

		Sujeto como un ente distinto
1	1	El Objeto Observado existe y ve al sujeto como parte de un Sistema Socio-Cultural (SSC) donde interactúa en una relación estímulo - respuesta
0	0	El Sujeto se aleja del mundo externo y reflexiona sobre sí mismo y su aprendizaje del mundo exterior. Dicha reflexión cambia la visión del observador de la realidad (SSC)

Fuente: *Adaptado de Salatino*, D. R. (2017). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. *International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(2), 18

La Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva

Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Sujeto (Operario) interactúa con la Organización (Sistema Socio Cultural (SSC)) que busca que los integrantes de la organización estén motivados y comprometidos con un proceso de mejora continua. El Observador, para este caso el Objeto Observado, queda definido por el Conocimiento Organizacional generado e integrado en la organización requerido para poder establecer procesos que generen los productos y/o servicios demandados por los clientes. El Sujeto no halla respuesta al punto de mejora bajo análisis en el Conocimiento Organizacional existente por lo que inicia un ciclo de evaluación interna como responsable de su puesto de trabajo (3). Como consecuencia, en su Espacio de Reflexión Interno (SPI), impulsado por su determinación a contribuir a la mejora organizacional, inicia un ciclo de investigación del punto de mejora identificado (4). Al salir de este Espacio de Reflexión Interno inicia una etapa de integración a nivel grupal (5) que lo lleva a interactuar con el Grupo o Equipo de Mejora

al cual pertenece (6) como se muestra en la Figura 4. El proceso de *integración,* definido como el proceso de desarrollar una comprensión compartida entre individuos y la realización de acciones coordinadas a través de ajuste mutuos, permite, a medida que se profundiza entre los integrantes, crear una visión y valores compartidos que alinean los procesos de decisión con los objetivos estratégicos a alcanzar (Crossan, Lane, & White, 1999).

Entre los individuos y los equipos de trabajo surge el proceso de *interpretación* y el de investigación centrada en la *experimentación*. El proceso de *interpretación* es entendido como la explicación a través de palabras, imágenes y metáforas y/o acciones de una idea propia a otros lo que se traduce en aprendizaje en un contexto social desde la perspectiva de la Teoría Cognitiva Social. El proceso de *experimentación* es el realizado por individuos y grupos, como parte de la acción de investigación, cuyo resultado añade significado a sus ideas preliminares de hallar la mejor respuesta al punto de mejora identificado (interpretaciones cognitivas). De hecho, la investigación de un evento desde la perspectiva del pensamiento científico constituye el núcleo del modelo de gestión identificado como Toyota Way ya que es "en la línea de proceso donde es importante empezar con el fenómeno real y buscar las causa raíces para poder resolver el problema. En otras palabras debemos enfatizar "analizar los hechos" …" (Liker, 2021, p. 47). En la cultura organizacional de Toyota se busca desarrollar una forma de pensar o de ver el mundo en respuesta a los objetivos a alcanzar y los problemas a enfrentar caracterizado por:

> "entender que nuestra comprensión es siempre incompleta y posiblemente equivocada; asumir que las respuestas se hallarán al testear más que en solo deliberar (al hacer predicciones y testearlas con experimentos); y apreciar que las diferencias entre lo que se predice que sucederá y lo que realmente pasa

puede ser una fuente útil de aprendizaje y ajuste correctivo” (Liker, 2021, p. 47)

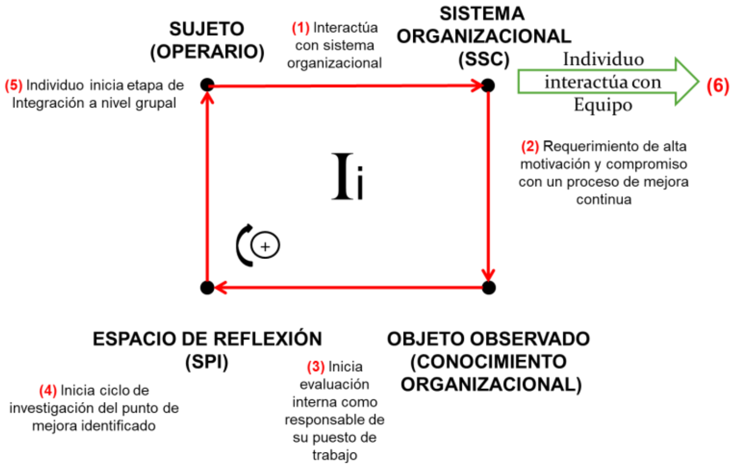


***Figura 4:* Esquema del ciclo de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran iniciado por el individuo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva**

Desde la perspectiva de la Teoría Cognitiva Social, en ambos niveles – *interpretación* y *experimentación* - solo se produce aprendizaje cuando el individuo se da cuenta que el resultado es consecuencia de sus acciones. Por lo que la búsqueda de solución al punto de mejora detectado en el proceso bajo análisis es compartido y analizado en forma grupal donde los individuos son impulsados por la determinación de hallar la mejora del proceso y su esfuerzo sostenido en el tiempo a través de la perseverancia que los individuos tienen (Kondo et al., 1991). Esta secuencia de procesos cognitivos es lo que en términos de aprendizaje organizacional Chris Argyris (1991)

define como un doble lazo de aprendizaje (Argyris, 1991). A nivel de individuo es necesario promover dicho proceso de aprendizaje a través de la *motivación* (en la presencia de incentivos un aprendizaje todavía no evidenciado puede transformarse en acción).

En esta instancia del proceso de búsqueda de la propuesta de mejora se manifiestan los procesos de aprendizaje de conversación (o diálogo) y modelado social (como facilitador de altos niveles de aprendizaje a través de la observación que permite modelar acciones, aprender reglas y decisiones al observar a otros y extraer principios abstractos contenidos en los pensamientos y acciones exhibidas por otros; lo que permite aprender reglas generales para manejar diferentes situaciones antes que solo tener respuestas especificas o rutinas preestablecidas). Esto es requerido para poder hallar consenso rápidamente a través de la diversidad cultural de los individuos que componen la organización al buscar los elementos culturales comunes.

Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Sujeto (Equipo de Mejora), ahora con un determinado nivel de Inteligencia y Alternativas de Solución de la respuesta al punto de mejora identificado, inicia un ciclo de búsqueda de mejora organizacional a nivel grupal a través de la Conversación (7) liderados por un supervisor o jefe del área de producción con dominio de estadística básica, técnicas de resolución de problemas y habilidades probadas de liderazgo de equipos de trabajo de alto rendimiento. El Equipo de Mejora conformado por seis a ocho operarios analizará el punto de mejora identificado o el problema que afecta al proceso que incrementa el número de productos no conformes a especificaciones para poder identificar y recomendar soluciones (Hutchins, 1984). El Equipo de Mejora ahora interactúa con el sistema organizacional (8) encontrando el mismo requerimiento de que los integrantes de la organización estén motivados y comprometidos con un proceso de mejora continua (9). Este requiere que el Sistema Organizacional

permita y aliente un estilo de liderazgo BOTTOM – UP - crucial para el éxito - que descansa directamente en el profundo conocimiento y las habilidades probadas de los operarios en la línea de producción. La elección de este tipo de liderazgo permite liberar las capacidades de los individuos lo que incrementa el nivel de satisfacción con el puesto de trabajo (Heyden, Fourné, Koene, Werkman, & Ansari, 2016; Hutchins, 1984). El Sistema Organizacional requiere que se demuestre que la mejora es necesaria, se identifique el proyecto de mejora y se organice el apoyo a dicho proyecto Como consecuencia, inicia un ciclo de evaluación interna grupal (10) que genera un Modelado Social del problema para diagnosticar las causas subyacentes de la no conformidad o del punto de mejora detectado (11) (Figura 5).

La perseverancia de los individuos y el uso de la lógica permite el surgimiento de remedios para poder superar las causas de la no conformidad o punto de mejora detectado (12) surgiendo el consenso de experimentar una determinada mejora en el proceso (13) como se muestra en la Figura 6. El Sistema Organizacional requiere que se pruebe que la solución propuesta sea eficaz para lo que se debe medir el resultado de la mejora obtenida en el proceso y determinar la brecha entre lo obtenido y lo esperado (14). Esto ayuda a asegurar que las ideas en sí mismas y no la gente que la sugirió sea el blanco de los comentarios y/o criticismo del Equipo de Trabajo (Hutchins, 1984). El Equipo de Mejora inicia un ciclo de reevaluación interna grupal (15) en el Espacio de Reflexión. Se busca profundizar la evaluación grupal y se evalúa la brecha entre lo obtenido y lo esperado (16). El Sujeto (Equipo de Mejora) halla nuevo consenso para experimentar una nueva propuesta de mejora en el proceso (17) para dar respuesta al requerimiento del Sistema Organizacional de que se pruebe que la solución propuesta es eficaz para lo que se debe medir nuevamente el resultado de la mejora obtenida en el proceso y determinar la brecha entre lo obtenido y lo esperado (18). El Equipo de Mejora inicia

nuevamente un ciclo de reevaluación interna grupal (19) en el Espacio de Reflexión. Se profundiza nuevamente la evaluación grupal y se evalúa la brecha entre lo obtenido y lo esperado (20) identificando la mejora buscada al proceso (21). El Equipo de Mejora implementa la mejora consensuada al proceso a través de un planeamiento detallado y una preparación exhaustiva impulsados por la perseverancia de los individuos para alcanzar el punto de mejora (22) (Kondo et al., 1991). Ahora el Equipo de Mejora interactúa con el Individuo (23) iniciando un ciclo de búsqueda de mejora organizacional a nivel Grupo – Individuo. La Figura 7 muestra el sentido de propagación del cambio y del feedback entre individuo y equipo de trabajo.

Al salir del nivel grupal, ahora el Sujeto (Operario) continúa su interacción con la organización (24) la que ahora requiere iniciar acciones de control para poder conservar las mejoras obtenidas (25) y su posterior incorporación al Conocimiento Organizacional (Objeto Observado). El líder de equipo congratula a los integrantes de Equipo de Mejora por el logro alcanzado (26). El Sujeto (Operario) inicia una evaluación interna de la mejora alcanzada (27) que lo lleva a un estadio de incorporar los conocimientos adquiridos y los nuevos procedimientos. Esto requiere *retener* entendido como transformar la información de un evento para su representación en la memoria del observador como reglas o conceptos expresados en forma de imágenes o construcciones verbales De igual forma requiere *producir* entendido como la conversión de representaciones simbólicas en acciones o un nuevo conjunto de reglas para interactuar con el contexto para poder *interpretar* los datos del mismo (28). Al salir de este estadio, impulsado por su dominio o maestría del área de trabajo, con un nuevo nivel de respuesta al proceso bajo análisis (29), ejecuta las acciones de control requeridas para conservar la mejora del proceso alcanzada y está atento a cualquier evento inesperado que pudiera suceder (30) y avanza hacia un nuevo nivel de integración a

nivel grupal en un nuevo ciclo de interacción con el Equipo de Mejora (31).

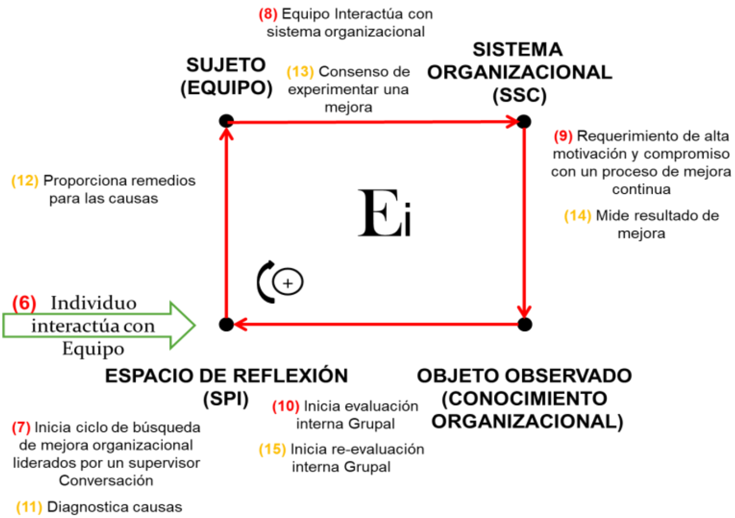


Figura 5: **Esquema inicial del ciclo de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desarrollado por el equipo de trabajo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva**

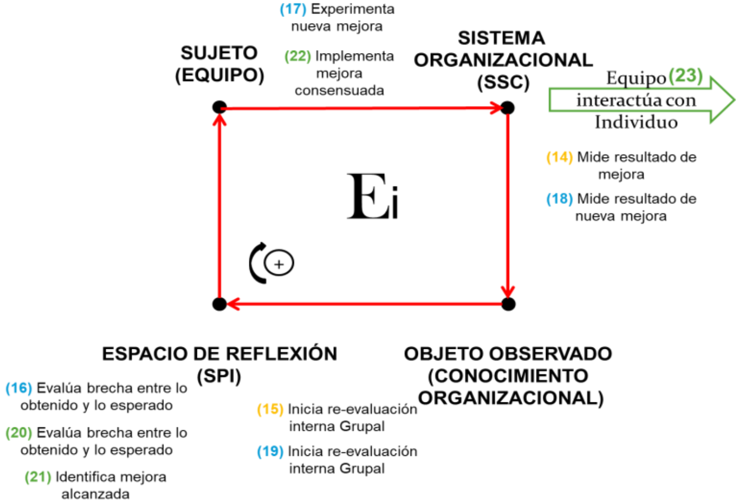


Figura 6: **Esquema final del ciclo de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desarrollado por el equipo de trabajo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva**

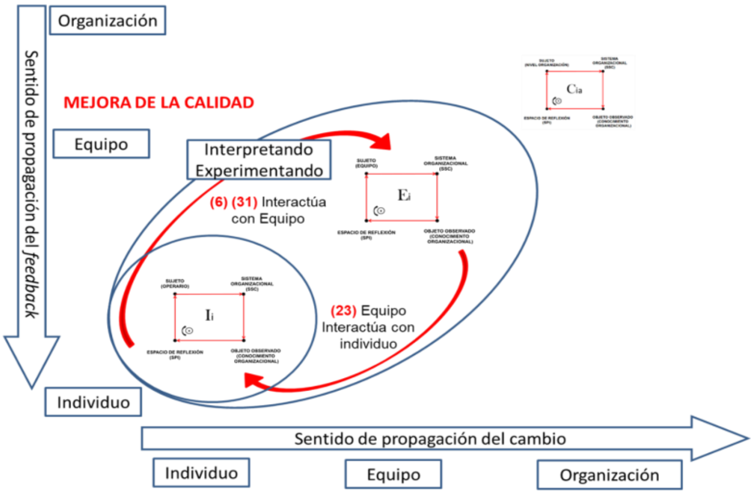


Figura 7: **Sentido de propagación del cambio en el ciclo de Mejora de la Calidad de la Trilogía de Juran desarrollado por el equipo de trabajo**

En la etapa subsiguiente de Control de la Calidad, planteada en la Trilogía de Juran, se busca establecer "un proceso de gestión universal para conducir operaciones de modo de proveer estabilidad – para prevenir cambios adversos y mantener el "status quo"" (Juran & Godfrey, 1998, p. 95). Esto requiere evaluar el grado de no conformidad del producto o servicio resultante de dicho proceso al comparar el comportamiento real del producto o servicio con los objetivos planteados y luego actuar en base a las diferencias. Más importante que estar informado e indicar un problema en el proceso "es decidir qué acciones se deben realizar si una situación anormal se presenta para evitar su recurrencia" (Shingo, 1989, p. xxii). En esta etapa de Control de la Calidad, el Sujeto (Equipo de Mejora) continúa el ciclo de aprendizaje grupal para poder evaluar el proceso a controlar (Figura 8). Para ello inicia acciones para poder lograr consenso en la construcción de indicadores del proceso bajo control y la medición de los mismos (Conversación) y en la interpretación de la diferencia con lo esperado y las acciones correctivas a implementar (Modelado Social) (32). Definido el aspecto del proceso a controlar, el Equipo de Mejora define los indicadores del proceso al establecer las unidades de medición y fijar las normas de desempeño esperadas del proceso bajo análisis (33). El Equipo de Mejora continua su interacción con la organización (34) donde el proceso a controlar requiere medir el desempeño real del mismo (35). Los integrantes del Equipo de Mejora enfocan el análisis de proceso en forma rutinaria haciendo uso de su nivel de receptividad del contexto para poder enfrentar cualquier desviación o problema en el proceso. Si esto sucediere, la lógica impulsaría el reflexionar y rever la situación para poder resolver el problema adoptando una actitud de alta adaptabilidad a la situación. Por ello continúa la evaluación

interna grupal (36) y las acciones en el Espacio de Reflexión para interpretar el desempeño medido (37) y definir las acciones a seguir si el proceso sale de la zona original de control de calidad (38). La reflexión y revisión lógica de la situación permitirá establecer acciones de prevención para evitar su nueva aparición. El logro del control del proceso permite incrementar el dominio o maestría del área de trabajo por los integrantes del Equipo de Mejora lo que genera un lazo positivo de realimentación incrementando el nivel de motivación de los mismos. Esto lleva al Equipo de Mejora a iniciar una etapa de integración a nivel organizacional (39) y su consecuente interacción con el sistema organizacional (40) como se muestra en la Figura 9. La Figura 10 muestra el sentido de propagación del cambio y del feedback en el ciclo de Control de la Calidad en la Trilogía de Juran desarrollado por el equipo de trabajo y el operario

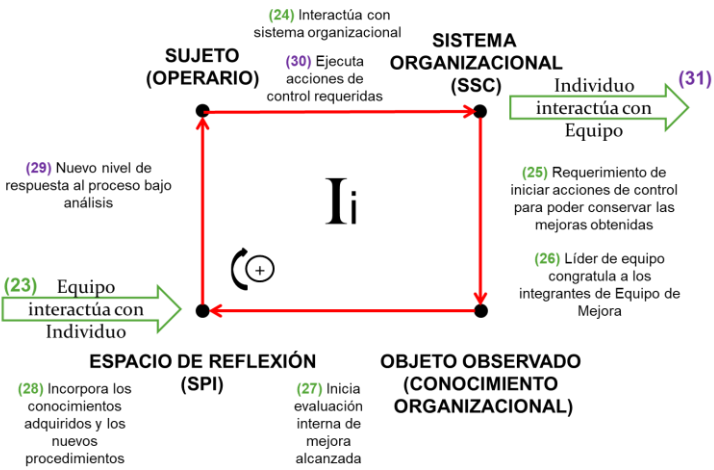


Figura 8: **Esquema de la etapa inicial del ciclo de Control de la Calidad de la Trilogía de Juran desarrollado por el equipo de trabajo desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva**

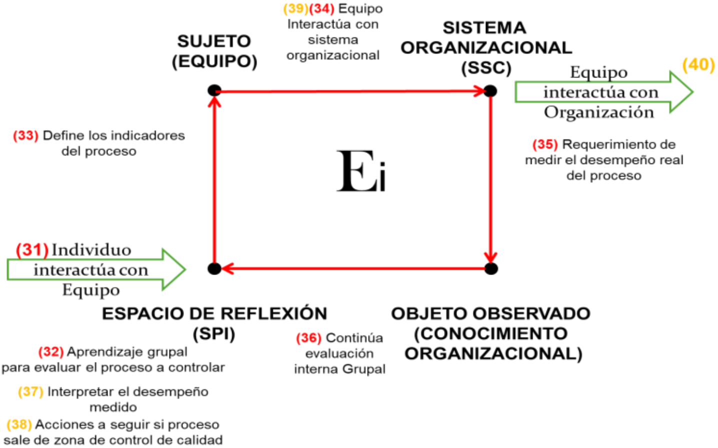


Figura 9: **Esquema de la etapa final del ciclo de Control de Calidad en la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva**

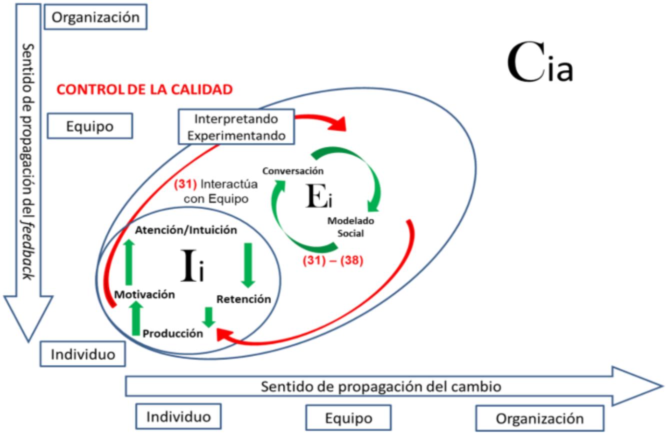


Figura 10: **Sentido de propagación del cambio y del feedback en el ciclo de Control de la Calidad en la Trilogía de Juran desarrollado por el equipo de trabajo y el operario**

Finalmente, en la etapa de Planificación de la Calidad, entendida como "el proceso estructurado para desarrollar productos (tanto bienes físicos como servicios) que asegure que las necesidades del consumidor se satisfagan con el producto final" (Early & Coletti, 1998, p. 45), se busca establecer las especificaciones de producto o servicio que satisfaga las necesidades de los clientes internos[39] y externos y por ende definir el nivel de conformidad esperado del proceso relacionado con dichos productos o servicios. A nivel organizacional surge el proceso de aprendizaje identificado como *institucionalizar* definido como el proceso de asegurar que las acciones rutinarias ocurran ya que el aprendizaje de los individuos y grupos es asimilado en la organización a través de procedimientos, estructuras, sistemas y estrategia (Crossan et al., 1999). Luego de alcanzar la mejora en el proceso en forma consensuada y probada su eficacia, la búsqueda de la excelencia organizacional lleva a un proceso de sistematización de dicha mejora a través de diferentes mecanismos como procedimientos rutinarios, sistemas de diagnóstico y/o conjunto de reglas y procedimientos (Crossan et al., 1999).

Desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva, el Grupo interactúa con la Organización (40) la cual inicia un proceso de Integración (41) en el Espacio de Reflexión (SPI) Ahora el Sujeto (Organización) presenta la nueva normativa o procedimiento actualizado para desarrollar el proceso bajo análisis (42) al Sistema Organizacional (SSC) para poder dar respuesta consensuada al requerimiento de desarrollar procesos para producir productos o servicios requeridos por los clientes (43) y poder integrarlo al Conocimiento Organizacional (Objeto Observado). En consecuencia, se inicia una evaluación interna organizacional (44) que continúa el proceso de Integración del conocimiento (45) en el Espacio de Reflexión (SPI) y compara las salidas del proceso con las

[39] Nota del autor: se entiende por clientes internos a los miembros de la empresa y/o subprocesos que forman parte del proceso principal

especificaciones a alcanzar (46). Si existe consenso a nivel de la Alta Dirección, el resultado es el apoyo a una forma mejorada de ejecutar un proceso (47) por lo que la nueva normativa es aceptada (48). Esta nueva forma de ejecutar un proceso que permite reducir el número de productos no conformes y/o los costos de producción es integrada al sistema organizacional como parte del Conocimiento Organizacional (49) y se inicia la Institucionalización del aprendizaje producido que se refleja en la nueva versión del Manual de Procedimientos correspondiente (50). En este punto, la Organización define el Sistema de Entrenamiento, Comunicación, Motivación y Evaluación del cumplimiento de dicha normativa en todos los niveles organizacionales (51). Como consecuencia, se inicia un proceso TOP – DOWN (Heyden et al., 2016) de difusión del conocimiento (52) (53) a través de la interacción de la Organización con los diferentes Grupos e Individuos (54) como se muestra en la Figura 11 en términos del modelo de estados postulado por la LT para el campo social. La Figura 12 muestra el sentido de propagación del cambio y del feedback en el ciclo de Planeamiento de la Calidad en la Trilogía de Juran desarrollado por la organización.

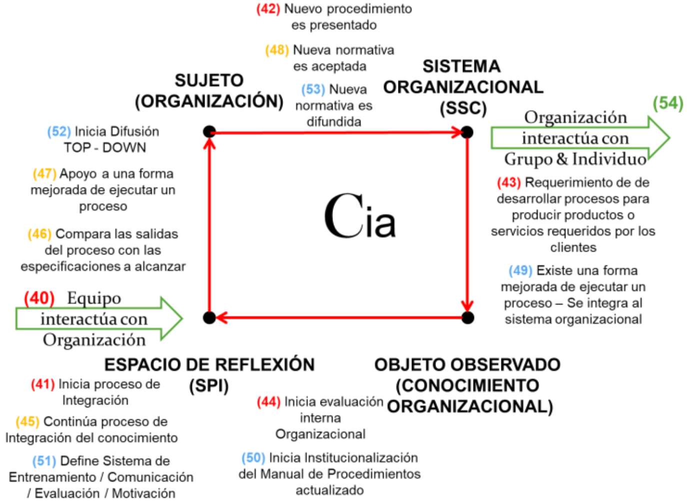


Figura 11: **Esquema del ciclo de Planeamiento de la Calidad en la Trilogía de Juran desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva**

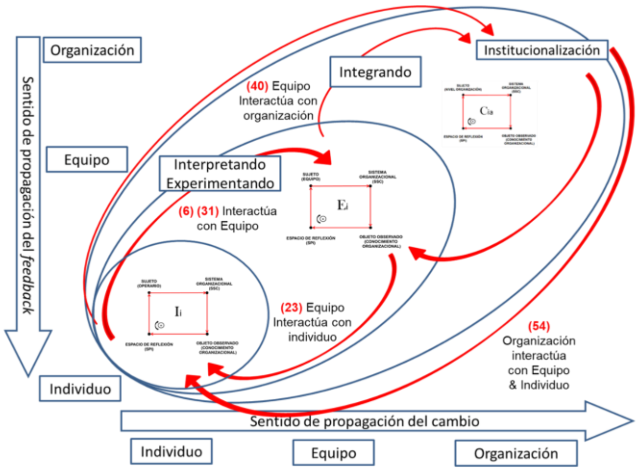


Figura 12: **sentido de propagación del cambio y del feedback en el ciclo de Planeamiento de la Calidad en la Trilogía de Juran desarrollado por la organización**

Conclusiones y recomendaciones

La Trilogía de Juran permite identificar la secuencia de acciones a realizar para poder implementar en forma institucionalizada un proceso de mejora continua en la producción de bienes y servicios. Como primera conclusión, el análisis a través de la LT permite emerger factores motivacionales necesarios para una implementación exitosa de la secuencia de etapas que conforman la Trilogía de Juran. Dichos factores no se hallan listados como parte de la secuencia de acciones para implementarla, pero si como un factor necesario en un sistema de gestión de la calidad. Los diferentes factores motivacionales no son incluidos como uno de los componentes necesarios en la 1ra edición del Manual de Control de la Calidad publicado en 1951 (Juran, 1951) pero si son incluidos a partir de la tercera edición del mismo y las subsiguientes (Juran, 1962, 1974a; Juran, 1993). El modelo planteado por el Dr. Yoshio Kondo, uno de los principales impulsores de la calidad en el sector industrial en Japón, muestra en un modelo secuencial lineal (Figura 13) en forma detallada la interacción entre las acciones lógicas en un proceso de mejora continua y los factores motivacionales y emocionales presentes en los individuos que lo realizan (Kondo et al., 1991). El análisis a través de la LT permite visualizar en un proceso circular secuencial la interacción entre dichos elementos.

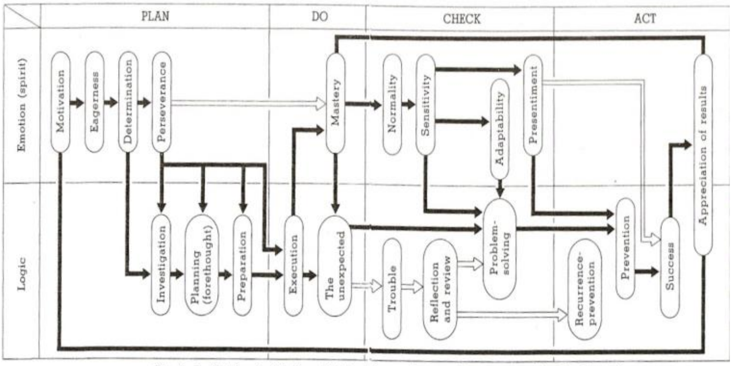


Fig. 3 For Getting the Job Done (Points ofContact Between the Logical and the Non-Logical)

Figura 13: **Relación entre motivación y satisfacción de resultados**

Fuente: Reproducido de Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., et al. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management [Ohanashi Motivation]* (J. H. Loftus, Trans. 1st ed.). Tokyo, Japan: 3A Corporation

Como segunda conclusión se halla que la conducción de los equipos de trabajo requiere capacidades de liderazgo por parte de los supervisores. El núcleo del establecimiento de la cultura de calidad se construyó alrededor del individuo – orgulloso de su trabajo – y la integración del mismo en equipos de trabajo liderados por un supervisor o jefe del área de producción con dominio de estadística básica, técnicas de resolución de problemas y habilidades probadas de liderazgo de equipos de trabajo de alto rendimiento (Hutchins, 1984). Esto agrega una dimensión olvidada en la formación tradicional del personal en el área de manufactura y en el nivel de mandos medios.

Como tercera conclusión, surge el papel de la alta dirección para crear una cultura sustentada en el trabajo en equipo, liderazgo de los mandos medios, pensamiento crítico de los operarios y el orgullo y satisfacción del trabajo bien realizado

(Liker & Convis, 2011). Esto confirma lo enunciado por Juran sobre la necesidad de que la alta dirección ejerza un liderazgo positivo asumiendo el control de la función calidad de la organización. De igual forma, Juran advierte sobre la experiencia limitada en calidad así como la falta de entrenamiento en dicha área de la alta dirección como unos de los principales obstáculos para alcanzar calidad como una ventaja competitiva sustentable (Juran, 1986). Para alcanzar este nivel de liderazgo, Juran propone la creación de diversos instrumentos de gestión tales como el Programa Anual de Calidad; una estructura organizacional que provea la inserción de la función de calidad; y la medición de los indicadores de calidad respecto de los objetivos planeados (Godfrey, 1998; Juran, 1974b).

Finalmente, como cuarta conclusión se halla que las etapas del proceso de la Trilogía de Juran son equivalentes a las etapas de Aprendizaje Organizacional y da sustento a la Teoría de la Organización Inteligente propuesta por Peter Senge en 1990.

El aprendizaje organizacional (AO) es un campo de investigación académica y práctica profesional con un desarrollo relativamente reciente concentrado en el análisis de los procesos relacionados con el aprendizaje individual y colectivo en las organizaciones (Tsang, 1997). El concepto de aprendizaje organizacional es presentado por Cyart y March (1963) como parte del modelo desarrollado del proceso de decisión en las organizaciones cuando afirman que las compañías aprenden de la experiencia con la intención de adaptarse a las condiciones del medio ambiente (Cyert & March, 1963). Desde diversas perspectivas existe una convergencia en considerar que "el aprendizaje organizacional es el conjunto de actividades y procesos por los cuales una organización eventualmente alcanza el ideal de una organización que aprende" (Caldwell, 2012; Chatterjee, 2011; Finge & Brand, 1999, p. 136; Senge et al., 2000). Los diversos modelos coinciden en identificar como etapas del aprendizaje

organizacional (1) el aprendizaje de la experiencia pasada, (2) la adquisición de conocimiento, (3) el procesamiento en un nivel organizacional diferente, (4) identificar y corregir los problemas, y (5) el cambio a nivel organizacional. Una organización que aprende a actuar de manera eficiente, se adapta fácilmente al cambio, detecta y corrige los errores y mejora continuamente sus procesos de decisión y el logro de sus objetivos (Argyris & Schön, 1995; Silins, Zarins, & Mulford, 2002). Zietsma, et al. (2002) desarrollan el Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional (Zietsma, Winn, Branzei, & Vertinsky, 2002) como una mejora al modelo basado en la Teoría de Aprendizaje Multinivel (Crossan et al., 1999) como se muestra en la Figura 14. Este Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional se ha aplicado a diferentes tipos de organizaciones, incluso las de educación superior (Anzoise, Scaraffia, & Curadelli, 2016; Castaneda & Rios, 2007). Este modelo identifica tres niveles de aprendizaje: 1) individuo; 2) grupo; y 3) la organización y sus diferentes rutas de integración que van desde el individuo a la organización y de la organización al individuo (Anzoise & Scaraffia, 2019) ya que el aprendizaje individual aislado no garantiza el aprendizaje organizacional al ser necesario un proceso de transferencia entre todos los integrantes de la organización para institucionalizar el conocimiento generado (Senge, 1998; Senge et al., 2000).

De igual forma, con las mismas acciones identificadas en el proceso de Aprendizaje Organizacional (Figura 13), este análisis permite visualizar la ruta de integración y de realimentación entre el individuo y el grupo a través de acciones como el *modelado social* (valoración del nivel de aceptación de las propuestas de mejora del proceso para reducir los costos operacionales y/o el número de productos no conformes a especificaciones antes de adoptarlas); la *conversación* (obtener información concreta de resultados observables del proceso y la búsqueda de información para identificar las causas del problema utilizando el método

científico a partir de la observación antes de adoptar la mejora propuesta); la *interpretación* (valoración del nivel de aceptación de las propuestas de mejora del proceso antes de adoptarlas) y la *experimentación* (determinar la posibilidad de probar la propuesta de mejora para verificar la relación causa – efecto antes de adoptarla). De igual forma permite visualizar la ruta de *integración* y de *realimentación* entre el grupo y la organización a través de acciones como la integración del conocimiento a nivel de individuo y de grupo (procedimientos donde se aplican las mejoras del proceso); y la *institucionalización* del conocimiento organizacional (normas que hacen mandatorio el uso de las mejoras del proceso identificadas).

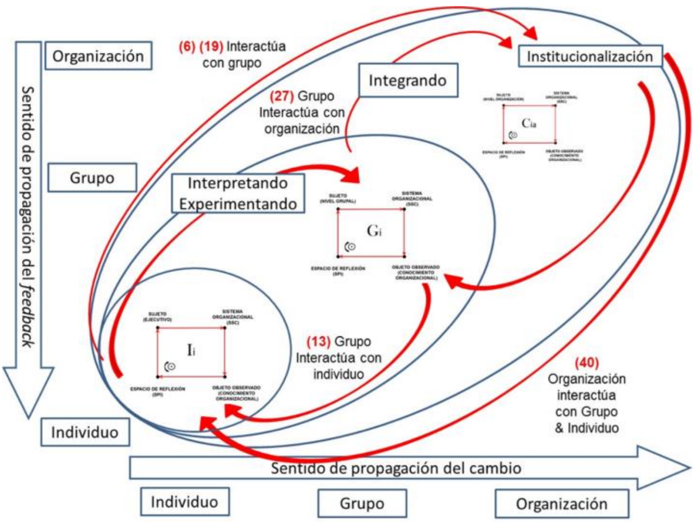


Figura 4: **Modelo Extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Reproducido de Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2019, octubre 17, 2019). El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica**

Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión. Paper presented at the Foro sobre Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería, Mendoza, Argentina.

Referencias

Anzoise, E., & Scaraffia, C. (2019, octubre 17, 2019). *El modelo extendido de Aprendizaje Organizacional desde la perspectiva de la Lógica Transcursiva. Implicancias para la mejora de los procesos de decisión.* Paper presented at the Foro sobre Lenguajes, Lógica y Modelos en Ingeniería, Mendoza, Argentina.

Anzoise, E., Scaraffia, C., & Curadelli, S. (2016, octubre 20 y 21, 2016). *Modelos de decisión en el Aprendizaje Organizacional en la Educación Superior.* Paper presented at the IV Congreso Internacional ECEFI 2016 - Cuarto Congreso Internacional de Educadores en Ciencias Empíricas en Facultades de Ingeniería: ECEFI 2016, Mendoza, Argentina.

Anzoise, E., Talquenca, L., Bertoni, J. J., & Scaraffia, C. A. (2020). *Costos de calidad en el sector vitivinícola. El caso de una bodega cooperativa de segundo orden en Mendoza.* Paper presented at the XIIIº CONGRESO ARGENTINO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - COINI 2020, CABA, Buenos Aires.

Argyris, C. (1991). Teaching Smart People how to Learn. *Harvard Business Review*(Mayo - Junio 1991), 99 - 109.

Argyris, C., & Schön, D. A. (1995). *Organizational Learning II: Theory, Method, and Practice* (1st ed.). Reading, MA: Addison-Wesley.

Best, M., & Neuhauser, D. (2006). Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory. *Quality and Safety in Health Care, 15*(2), 142–143. doi:10.1136/qshc.2006.018093

Caldwell, R. (2012). Systems Thinking, Organizational Change and Agency: A Practice Theory. Critique of Senge's

Learning Organization. *Journal of Change Management*, 1-20.

Castaneda, D. I., & Rios, M. F. (2007). From Individual Learning to Organizational Learning. *The Electronic Journal of Knowledge Management, 5*(4), 363 - 372.

Crosby, P. B. (1984). *Quality without Tears. The Art of Hassle-Free Management*. New York: First Plume Printing.

Crossan, M. M., Lane, H. W., & White, R. E. (1999). An Organizational Learning Framework: From Intuition to Institution. *The Academy of Management Review, 24*(3), 522-537. doi:10.2307/259140

Cyert, R. M., & March, J. G. (1963). *A behavioral theory of the firm* (1st ed.). Englewood Cliffs: Prentice Hall.

Chatterjee, S. (2011). Organizational Learning and Learning Organization: A Critical Review – A Paradox. *Asian Journal Of Computer Science And Information Technology, 1*(3), 64 -70.

Early, J. F., & Coletti, O. J. (1998). The Quality Planning Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (5th ed., pp. 44-93). New York: McGraw-Hill.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Administración Y Control de la Calidad* (7th ed.). Col. Cruz, Santa Fe, Mexico: Cengage Learning Editores. S.A. de C.V.

Feigenbeum, A. V. (1961). *Total Quality Control*. New York: McGraw-Hill.

Finge, M., & Brand, S. B. (1999). The Concept of the 'Learning Organization' Applied to the Transformation of the Public Sector: Conceptual Contributions for Theory Development. In M. Easterby-Smith, L. Araujo, & J. Burgoyne (Eds.), *Organizational Learning and the Learning Organization* (pp. 130-156). London:: Sage.

Garvin, D. A. (1988). *Managing Quality: The strategic and competitive edge*. New York, NY: The Free Press.

Gilmore, H. L. (1974). Product Conformance Cost. *Quality Progress*(Junio), 16.

Godfrey, A. B. (1998). Total Quality Management. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (pp. 386-421). New York: McGraw-Hill.

Gutarra Montalvo, V. A. (2002). *Implementación de los Círculos de Calidad en el Instituto Superior Tecnológico (ITEC)* (Ingeniero Industrial - Titulación por experiencia profesional calificada Profesional), Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. Retrieved from http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Ingenie/Gutarra_M_V/Cap1.pdf

Helms Marilyn, M. (1996). Perspectives on quality and productivity for competitive advantage. *The TQM Magazine, 8*(3), 5-10. doi:10.1108/09544789610118403

Heyden, M. L. M., Fourné, S. P. L., Koene, B. A. S., Werkman, R., & Ansari, S. (2016). Rethinking 'Top-Down' and 'Bottom-Up' Roles of Top and Middle Managers in Organizational Change: Implications for Employee Support. *Journal of Management Studies, 54*(7). doi:10.1111/joms.12258

Hodgson, G. M. (2013). Understanding Organizational Evolution: Toward a Research Agenda using Generalized Darwinism. *Organization Studies (OS), 34*(7), 973-992. doi:10.1177/0170840613485855

Hutchins, D. (1984). How Quality Goes Round in Circles. In N. Sasaki & D. Hutchins (Eds.), *The Japanese Approach to*

Product Quality. Its Applicability to the West (pp. 27-32). Oxford: Pergamon.
Ishikawa, K. (1997). *Introducción al Control de Calidad* (J. N. Medina, Trans.). Madrid: Diaz de Santos.
Juran, J. M. (1951). Acceptance of Quality. In J. M. Juran (Ed.), *Quality-Control Handbook* (1st ed., pp. 805). New York: McGraw-Hill.
Juran, J. M. (1962). Personnel Methods for Quality. In J. M. Juran, L. A. Seder, & F. M. Gryna (Eds.), *Quality Control Handbook* (2nd ed., pp. 1223). New York: McGraw Hill Book Company, Inc.
Juran, J. M. (1974a). Motivation. In J. M. Juran, F. M. Gryna, & R. S. Bingham (Eds.), *Quality Control Handbook* (3rd ed., pp. 1755). New York: McGraw Hill Higher Education.
Juran, J. M. (1974b). Upper Management and Quality. In J. M. Juran, F. M. Gryna, & R. S. Bingham (Eds.), *Quality Control Handbook* (3rd ed., pp. 1755). New York: McGraw Hill Higher Education.
Juran, J. M. (1986). *The Quality Trilogy. A Universal Approach to Managing for Quality* Paper presented at the ASQC 40th Annual Quality Congress Anaheim, California. https://statmodeling.stat.columbia.edu/wp-content/uploads/2017/10/Juran-trilogy-1986.pdf
Juran, J. M. (1993). Motivación (J. M. V. Bou, Trans.). In J. M. Juran, F. M. Gryna, & J. R. S. Bingham (Eds.), *Manual de Control de la Calidad* (3rd ed., Vol. 1, pp. 1509). Barcelona: Editorial Reverté.
Juran, J. M. (1996). *Juran y la calidad por el diseño* (Díaz de Santos ed.). Madrid, España.
Juran, J. M. (1998). The Quality Improvement Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling

(Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (5th ed., pp. 124-196). New York: McGraw-Hill.
Juran, J. M. (2005). Brief Biographical Synopsis. In K. S. Stephens (Ed.), *Juran, Quality, and a Century of Improvement. The Best on Quality* (1st ed., Vol. 15, pp. 3-6). Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
Juran, J. M. (2010). The Universal Methods to Manage for Quality. In J. M. Juran & J. A. D. Feo (Eds.), *Juran's Quality Handbook. The Complete Guide to Performance Excellence* (6th ed., pp. 69-82). New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1998). The Quality Control Process. In J. M. Juran, A. B. Godfrey, R. E. Hoogstoel, & E. G. Schilling (Eds.), *JURAN'S QUALITY HANDBOOK* (pp. 94-123). New York: McGraw-Hill.
Klaus, P. (2015). *Measuring Customer Experience: How to Develop and Execute the Most Profitable Customer Experience Strategies* (1st ed.). Hampshire, England: Palgrave Macmillan.
Kolesar, P. J. (2008). Juran's Lectures to Japanese Executives in 1954: A Perspective and Some Contemporary Lessons. *QUALITY MANAGEMENT JOURNAL, 15*(3), 6.
Kondo, Y., Kako, A., Saito, J., Sakamoto, S., Hayashi, S., Haruyama, T., . . . Munechika, M. (1991). *Human Motivation. A Key Factor for Management [Ohanashi Motivation]* (J. H. Loftus, Trans. 1st ed.). Tokyo, Japan: 3A Corporation.
Liker, J. (2021). *The Toyota Way, Second Edition: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Education.
Liker, J., & Convis, G. L. (2011). *The Toyota Way to Lean Leadership: Achieving and Sustaining Excellence*

through Leadership Development (pp. 342). Retrieved from https://www.amazon.com/-/es/Jeffrey-K-Liker-ebook/dp/B005NASGY4/ref=tmm_kin_swatch_0?_encoding=UTF8&qid=&sr=

Nicholson, N., & White, R. (2006). Darwinism-A new paradigm for organizational behavior? *Journal of Organizational Behavior, 27*(2 - Special Issue: Darwinian Perspectives on Behavior in Organizations), 111-119. doi: 10.1002/job.345

Ohno, T. (2012). *Taiichi Ohno´s Workplace Management: Special 100th Birthday Edition* (G. Press, Trans.). New York: McGraw Hill Professional.

Owen, R., & Brook, L. L. (2008). *Answering the Ultimate Question: How Net Promoter Can Transform Your Business* (1 edition ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Peterson, R., & Barker, M. (1992). Company Wide Quality Control in Japan: Implications for Western Management Practices. *Policy, Organisation and Society, 4*(1), 83-91. doi:10.1080/10349952.1991.11876772

Pirsig, R. M. (1974). *Zen and the Art of Motorcycle Maintenance: An Inquiry into Values*. New York: William Morrow & Company.

PwC Argentina. (2019). *Expectativas 2019. Pymes en Argentina. 6° Encuesta a Pymes de PwC Argentina*. Retrieved from CABA, Argentina: https://www.pwc.com.ar/es/publicaciones/assets/expectativas-pymes-2019.pdf

Reichheld, F. (2006). *The Ultimate Question: Driving Good Profits and True Growth* (1st ed.). Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.

Roser, C. (2016). *Faster, Better, Cheaper in the History of Manufacturing: From the Stone Age to Lean Manufacturing and Beyond*. Boca Ratón: Taylor & Francis Inc.

Salatino, D. R. (2017a). Beyond the Decisions-Making II: Methodological Aspects. *International Journal of Research & Methodology in Social Science, 3*(2), 18.

Salatino, D. R. (2017b). *Tratado de lógica transcursiva : origen evolutivo del sentido en la realidad subjetiva* (1st ed.). Godoy Cruz, Mendoza.

Senge, P. M. (1998). *La quinta disciplina: el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje* (C. Gardini, Trans.). Buenos Aires: Ediciones Granica, S.A.

Senge, P. M., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R., Roth, G., & Smith, B. (2000). *La danza del cambio: Los retos de sostener el impulso en organizaciones abiertas al aprendizaje*. Bogotá: Editorial Norma.

Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint* (A. P. Dillon, Trans.). Cambridge, Massachusetts: Productivity Press.

Silins, H., Zarins, S., & Mulford, B. (2002). What Characteristics and Processes Define a School as a Learning Organisation? Is This a Useful Concept To Apply to Schools? *International Education Journal, 3*(1), 11.

Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review, 77*(5), 96-106.

Tsang, E. (1997). Organizational learning and the learning organization: a dichotomy between descriptive and prescriptive research. *Human Relations, 50*(1), 57-70.

Tuchmam, B. W. (1980, 2 de noviembre de 1980). The Decline of Quality. *New York Times Magazine,* 38.

Watkinson, M. (2013). *The Ten Principles Behind Great Customer Experiences* Financial Times Series, (pp. 244). Retrieved from https://www.amazon.co.uk/Principles-Behind-Customer-Experiences-Financial-ebook/dp/B00BFSMXGU

Wilson, M. R., Porter, S. R., & Reiff, J. L. (2005). Western Electric Co. In J. L. Reiff, D. Keating, & J. Grossman (Eds.), *Dictionary of Leading Chicago Businesses (1820-2000)*. Chicago: Chicago Historical Society; The Newberry Library & Northwestern University.

Zietsma, C., Winn, M., Branzei, O., & Vertinsky, I. (2002). The war of the woods: Facilitators and impediments of organizational learning processes. *British Journal of Management, 13*(Special Issue 2), 61-74.

***